



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



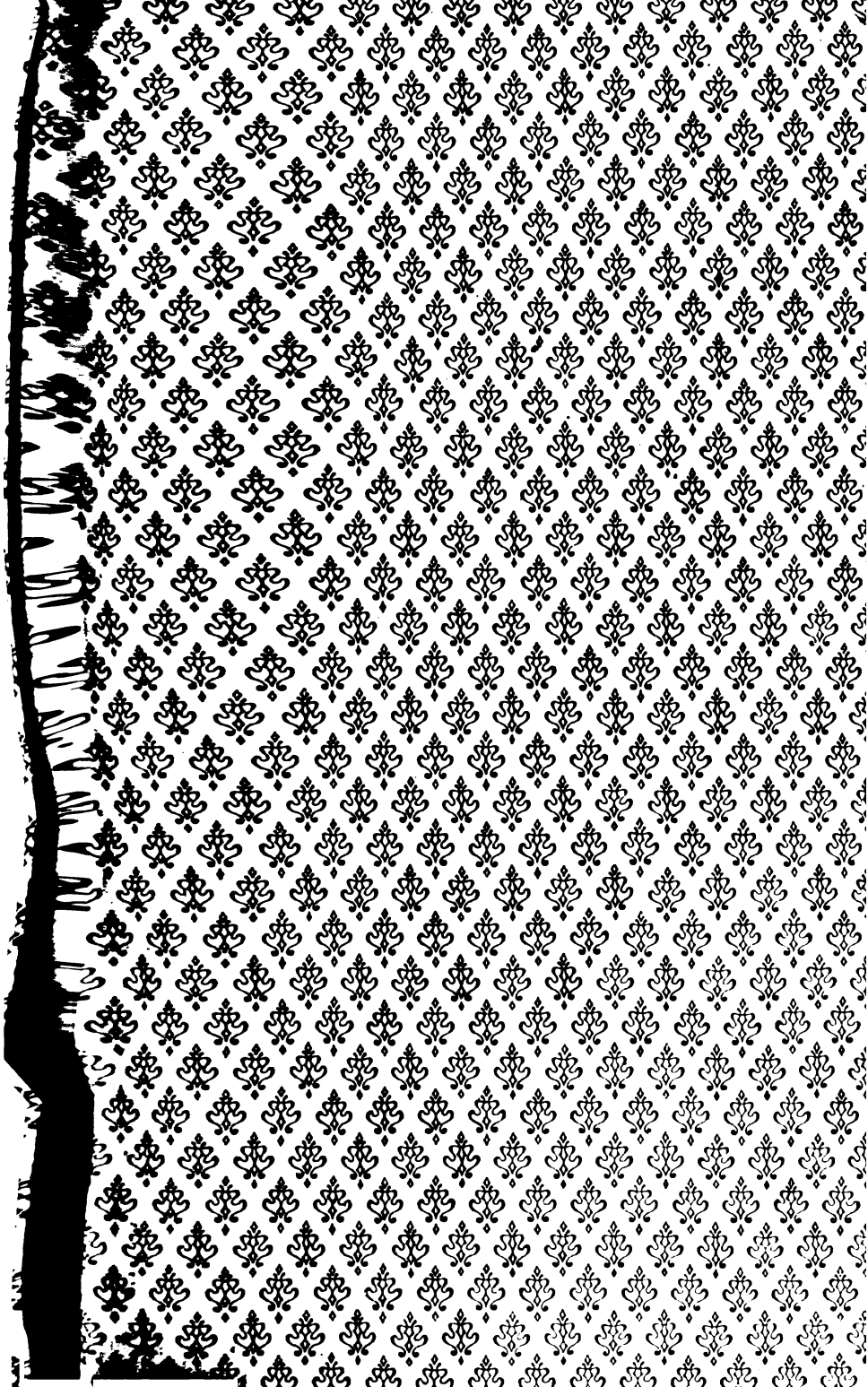
Library of the University of Michigan

*Bought with the income
of the*

*Ford-Messer
Bequest*



E. F. FARR





ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETINS

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1905



BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE
Rue de Louvain, 112

1905



**Discours de M. le baron Descamps,
Président de l'Académie en 1904,
lors de la réception au Palais le
1^{er} janvier 1905.**

SIRE,

C'est au nom des travailleurs de la pensée, groupés dans l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts, — dont Votre Majesté est le Haut Protecteur, — que je viens déposer aux pieds du Trône, avec le tribut de notre admiration et de notre gratitude, les vœux que nous inspire le commencement de cette année jubilaire, riche de tant de souvenirs, auréolée de tant d'espérances, toute vibrante de patriotiques émotions.

Ils sont présents à tous les yeux, les bienfaits prodigués au pays par la Royauté depuis le jour où l'Auguste Fondateur de notre Dynastie, répondant à l'appel pressant du peuple belge, associa à

toujours ou plutôt identifia les destinées de sa Maison aux destinées de la Belgique.

Du tableau évocateur de ces bienfaits tel qu'il est gravé, Sire, ès cœur de tous les Belges et tel que le burinera l'histoire, nous ne voulons en cet instant que détacher ce trait : l'inlassable sollicitude avec laquelle la Monarchie belge veille, harmoniquement, — en même temps qu'à la sauvegarde du sol patrial et à la prospérité économique du pays, — à l'accroissement de ce patrimoine intellectuel et artistique que nous ont légué, non sans gloire, nos ancêtres et que la présente génération a le devoir de transmettre agrandi, fécondé, pénétré de toutes les irradiations de la pensée moderne, à ceux qui sont appelés à soutenir après nous le bon renom de notre science et de nos arts.

Notre Roi a la claire vue des intimes liens qui rattachent, à notre époque surtout, la prospérité des peuples à leur culture intellectuelle. Il sait que la libre recherche scientifique est le principe

des plus remarquables progrès humains. Et il a toujours considéré comme une des plus belles prérogatives de la Couronne la mission d'encourager les sciences, les lettres et les arts, en développant dans cet ordre un mouvement d'un caractère vraiment national.

Ainsi pensait le duc de Brabant lorsqu'il prononçait, au Sénat de Belgique, ces belles paroles :

« Une sage politique nous enseigne qu'un peuple jaloux de son indépendance doit tenir à posséder une pensée à lui, à la revêtir d'une forme qui lui soit propre et, qu'en un mot, la gloire littéraire est le couronnement de tout édifice national. »

Ainsi n'a cessé de penser et d'agir le Roi.

Mais notre Souverain fait plus que protéger royalement les sciences, les lettres et les beaux-arts. En même temps qu'il a ouvert un monde nouveau aux efforts civilisateurs et à l'activité industrielle de nos concitoyens, il a offert à la science un immense et merveilleux champ d'ob-

servations et de découvertes utiles à l'humanité entière, en ménageant aux savants, avec une inépuisable générosité, les moyens d'explorer ce domaine.

Vive donc le Roi, non seulement au nom de notre foi monarchique traditionnelle et intangible, non seulement au nom des bienfaits de sécurité, de prospérité et de concorde publique qui nous rendent doublement chère notre Dynastie nationale, mais au nom de la science, des arts, du progrès humain et du rayonnement mondial de la civilisation !

MADAME ⁽¹⁾, MONSEIGNEUR, MADAME ⁽²⁾,

Daignez agréer les vœux que forme en ce jour l'Académie de Belgique pour Vos Altesses Royales.

(1) S. A. R. la princesse Clémentine de Belgique.

(2) LL. AA. RR. le prince Albert et la princesse Elisabeth de Belgique.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1905. — N° 1

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 7 janvier 1905.

M. LÉON FREDERICQ, directeur pour 1904, occupe le fauteuil.

M. le chevalier EDM. MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. P. De Heen, *directeur* pour 1905 ; Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, L. Henry, M. Mourlon, C. Le Paige, Ch. Lagrange, J. Neuberg, A. Lancaster, L. Errera, A. Jorissen, P. Francotte, Paul Pelseneer, *membres* ; M. Delacre, F. Swarts et Th. Durand, *correspondants*.

Les félicitations de la Classe sont adressées à M. Spring, au sujet de son élection de membre d'honneur de la Société chimique de Berlin ; à M. Mansion, élu membre honoraire de la Société physico-mathématique de Kazan, et à M. Mourlon, nommé commandeur avec plaque de l'Ordre de François-Joseph d'Autriche.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique envoie une ampliation de l'arrêté du 6 décembre 1904, par lequel le Roi a nommé président de l'Académie pour 1905 M. Gevaert, directeur de la Classe des beaux-arts pour la même année.

— M. le professeur Hugo de Vries, de l'Université d'Amsterdam, adresse des remerciements pour son élection d'associé.

— La Commission de la *Belgica* envoie quatre nouveaux *Rapports scientifiques* sur les résultats du voyage de 1897-1899.

— Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Ueber Ausbreitung und Extensionkraft* ; par G. Van der Mensbrugghe ;

2° *La Geometria d'oggidi e i suoi legami coll' analisi* ;
par C. Segre ;

3° a) *Sur la possibilité des réactions chimiques* ; b) *Sur la prévision des réactions chimiques* ; par M. de Forcrand
(présentés par M. Henry, avec une note qui figure
ci-après) ;

4° *Rapports présentés au Cercle d'études agronomiques.*
Revue des travaux de botanique et de microbie, année 1903 ;
par H. Micheels ;

5° *L'autolyse du foie étudiée par la méthode cryoscopique* ; par Ch. Liagre ;

6° Sept brochures de M^{lle} Ioteyko, docteur en médecine, chef du laboratoire de psycho-physiologie de l'Université de Bruxelles ;

7° *Cours de physiologie générale* ; par le docteur
J. Demoor.

— Remerciements.

— Travaux manuscrits renvoyés à l'examen :

1° *Sur la fonction gamma double* (deuxième mémoire) ;
par J. Beaupain. — Commissaires : de la Vallée Poussin,
Mansion et Deruyts ;

2° *Les tractions rythmées de la langue (procédé Laborde)*
dans l'asphyxie chez le Chien ; par F. Philips, avec graphiques. — Commissaires : MM. Fredericq et Masius ;

3° a) *Nouvelles observations sur le chlorure de cobalt* ;
par M. Oechsner de Coninck ; b) *Sur deux sulfates doubles d'uranyle* ; par MM. Oechsner de Coninck et Chauvenet.
— Commissaire : M. Spring.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES.

J'ai l'honneur de présenter à la Classe, au nom et à la demande de leur auteur, M. de Forcrand, professeur de chimie à la Faculté des sciences de Montpellier, deux notices qui ont paru récemment dans les *Comptes rendus* (1). Elles ont pour titres :

- a) *Sur la possibilité des réactions chimiques ;*
- b) *Sur la prévision des réactions chimiques.*

Elles concernent donc directement le célèbre « *Principe du travail maximum* ».

Cette œuvre de l'éminent professeur n'a pas l'ampleur extérieure d'un livre ni même d'un mémoire proprement dit ; mais l'importance des publications scientifiques ne se mesure pas à leur étendue matérielle. Je m'autorise de cette vérité pour signaler à l'attention de la Classe ces deux notices de chimie classique.

Mon intention ne peut pas être de faire en ce moment l'histoire du *principe du travail maximum*.

Je me bornerai à dire qu'après avoir été accueilli, à son origine, avec une faveur marquée, et même une sorte d'enthousiasme, ce principe a été l'objet des critiques et des attaques les plus vives, sinon les mieux justifiées, notamment de la part des thermodynamistes. On lui a dénié et voulu enlever toute valeur scientifique. Aussi est-il tombé, dans certains milieux, dans un véritable discrédit.

(1) Tome CXXXIX, p. 905. Séance du 28 novembre 1904.

Je n'ai jamais adhéré à ces appréciations excessives.

Alors que l'on est chargé d'enseigner la chimie, la chimie proprement dite, celle des faits tels que le laboratoire les révèle et les reproduit, on est heureux de rencontrer çà et là quelques idées et quelques principes généraux, à la lumière desquels s'établit, dans la multitude des faits particuliers, une certaine unité qui en transforme la poussière individuelle en un tout cohérent. La science s'établit à ce prix et c'est sous cette forme qu'il est possible de la faire pénétrer dans les intelligences et de l'y établir d'une manière durable.

Dans cet ordre d'idées, j'ai retenu de la chimie du premier âge, et grandement utilisé, la *théorie atomique*, telle qu'elle est constituée aujourd'hui après les modifications et les perfectionnements qui lui ont été successivement et si heureusement apportés. Dans ce que l'on est convenu d'appeler la « *Chimie moderne* », j'ai trouvé, et grandement utilisé aussi dans le même but, le chapitre si intéressant qui concerne les relations des faits de l'*ordre chimique* avec les faits de l'*ordre physique*. J'ai toujours, sous ce rapport, attaché une importance spéciale aux considérations de nature thermique, parce qu'elles m'ont paru éminemment propres à donner à l'exposé de la chimie expérimentale un véritable caractère scientifique.

Deux faits de ce genre m'ont toujours vivement impressionné.

Le premier, c'est la relation étroite qui existe entre l'état thermique des éléments, à l'état de combinaison, et l'énergie de leurs aptitudes réactionnelles. Cette corrélation existe à un degré tel qu'il paraît vrai de dire qu'envisagée à ce point de vue, *la chaleur, c'est l'affinité*.

C'est qu'en effet, gagner de la chaleur, c'est, pour un élément, acquérir de l'affinité, comme perdre de la chaleur c'est aussi, pour lui, perdre de l'affinité. Je dis *de l'affinité*, car je crois qu'il est permis encore aujourd'hui d'employer cette expression d'un passé qui est, quoi qu'on en dise, plein de mérites et de gloire.

Le second de ces faits, c'est la relation non moins étroite qui existe entre la direction que prennent les réactions chimiques, alors qu'elles s'établissent dans les conditions ordinaires, et l'état thermique du corps ou des corps qui en sont le résultat. Et c'est ici qu'intervient le principe du travail maximum pour déterminer la nature et le genre des associations formées par les éléments chimiques.

Certes, pas plus que je ne prends la *théorie atomique* pour la réalité elle-même dans sa certitude objective, je ne vois dans le principe du travail maximum, malgré son indéniable compétence, un principe d'ordre absolu; mais il y aurait, selon moi, la même injustice à lui refuser le droit à l'existence qu'à le refuser à la loi de Dulong et Petit, comme on l'a fait parfois, ou à la loi de Mariotte.

Où sont, au reste, dans les sciences physiques, les principes d'ordre absolu? Il serait difficile, sinon impossible, d'en signaler en chimie, à part — et encore avec certaine réserve, selon M. de Marignac, — les *lois des poids*, à la démonstration desquelles le nom de notre illustre confrère Stas est si intimement attaché. Dans le domaine des sciences qui traitent de la nature créée, la rigueur de l'absolue vérité dans les principes est, à mon sens, en dehors de la portée de l'intelligence de l'homme, comme l'exactitude absolue dans les mesures est en dehors de la portée de sa main et de ses sens.

La juste défiance que m'ont toujours inspirée et que m'inspirent encore, au point de vue objectif, les déductions des mathématiciens, je devrais plutôt dire des savants adonnés aux sciences abstraites et qui se tiennent, alors même qu'ils s'occupent du monde créé, en dehors des laboratoires, m'a établi et maintenu, vis-à-vis du principe du travail maximum, dans une situation dont je n'ai eu qu'à me féliciter. Malgré les critiques dont il a été l'objet, je lui ai conservé la valeur que je lui avais attribuée autrefois, la valeur d'un principe de l'ordre et dans l'ordre expérimental. Je lui ai toujours été reconnaissant des services intellectuels qu'il m'a rendus, en me permettant de comprendre dans une certaine mesure, d'expliquer, parfois même de prévoir des faits qui, en dehors de son énoncé, seraient restés pour moi d'indéchiffrables énigmes ou ensevelis dans l'inconnu. Après cela, si ce principe ne plait pas aux thermodynamistes, je le regrette, mais je m'en console en pensant que cette défaveur des théoriciens ne l'empêche pas d'exercer, avec fruit pour la science, sa juridiction sur un territoire fort étendu du vaste domaine des actions chimiques.

Il m'a été agréable d'apprendre que d'autres chimistes professent au sujet du principe du travail maximum des opinions analogues à celle que je viens d'avoir l'honneur de faire connaître et, comme moi, lui ont conservé leur confiance.

« Très frappé, m'écrit M. de Forcrand, du trouble » apporté dans l'esprit de la plupart des chimistes par » les publications des thermodynamistes dans ces dernières années, je me suis décidé à publier ma manière » de voir au sujet du principe du travail maximum. »

Dans deux savantes communications à l'Académie des

sciences de France, mon savant collègue a exposé et motivé cette manière de voir, au milieu de considérations et de développements du genre le plus judicieux. En voici la conclusion finale telle qu'il l'a formulée lui-même :

« Nous avons deux principes ou règles de *prévision*,
» l'un *rigoureux*, l'autre *approchant*, pour les réactions
» chimiques.

» Le principe rigoureux (maximum de chaleur trans-
» formable) ne peut nous être d'aucune utilité pratique.

.

» Le *principe du travail maximum*, qui en est une
» simplification, doit donc toujours être considéré comme
» le seul fil conducteur que nous possédions. »

Cette publication récente de M. de Forcrand sera, je n'en doute pas, accueillie avec une faveur spéciale par les chimistes de laboratoire, avec non moins de faveur par les chimistes voués à l'enseignement. En les rassurant sur la valeur de ses principes et de ses lois, elle fortifiera, chez les uns et les autres, leur confiance dans la science expérimentale. Or, la confiance est une disposition morale nécessaire pour soutenir les courages et amener le succès, partout, en sciences comme ailleurs. A ce titre, ces écrits du professeur de Montpellier, si haut placé dans l'estime du monde savant par ses travaux de thermo-chimie expérimentale, sont plus qu'une source de savoir, je suis tenté de dire qu'ils sont une bonne action.

LOUIS HENRY.

J'ai l'honneur de présenter, à titre d'hommage à l'Académie, une note que j'ai rédigée en réponse à un article inséré dans les *Annalen der Physik* de Drude, dans lequel M. Quincke déclare qu'une force contractile doit être admise non seulement à la surface libre d'un liquide, mais même à la surface de contact d'un solide avec l'air, avec un liquide ou avec un autre solide. Il ajoute que pas plus maintenant qu'autrefois il n'y a lieu de supposer, avec Clerk-Maxwell et avec moi, une tension négative à la surface de contact d'un solide et d'un liquide.

A cet égard, je rappelle que je ne puis admettre une tension superficielle que dans une couche solide ou liquide dont les particules sont plus écartées entre elles que dans les portions voisines; dans le cas contraire, je conclus à une force d'extension (1).

Le principe de l'attraction moléculaire m'a conduit à l'existence d'une force contractile à la surface libre d'un liquide (2) et à celle d'un solide (3); seulement les particules de cette dernière sont très peu mobiles.

Quant à la surface commune à deux liquides 1 et 2, j'ai trouvé que si F_1 , F_2 , F_{12} sont respectivement la tension du liquide 1, celle du liquide 2 et l'action mutuelle des deux liquides, la surface en question est soumise à une force contractile lorsque le trinome $F_1 + F_2 - F_{12}$ est positif, et à une force d'extension s'il est négatif (4).

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XVII, p. 518, 1889.

(2) *Ibid.*, t. XXVI, p. 37, 1893.

(3) *Ibid.*, t. XXVII, p. 877, 1894.

(4) *Ibid.*, t. XX, p. 32, 1890.

De la valeur ci-dessus, j'ai déduit la condition nécessaire et suffisante pour l'étalement d'un liquide de tension F_1 sur un autre agissant sur le premier avec une force F_{12} , savoir $F_{12} > F_1$.

J'ai pu confirmer ma théorie en constatant, par exemple, que non seulement l'huile d'olive s'étale vivement sur une solution très faible de soude, mais encore cette dernière sur l'huile d'olive (1).

Quant à la formation spontanée des émulsions, j'estime, contrairement à la théorie de M. Quincke, que le déchirement en masses très petites n'a lieu que grâce à l'affinité des deux liquides en présence, et que le maintien des sphérules très petites n'est possible qu'à partir du moment où l'action chimique des deux substances ne se fait plus à la surface commune (2). C'est ce qui apparaît nettement quand un liquide s'écoule par un tube très effilé dans un autre liquide ayant quelque affinité pour le premier (3).

Je laisse aux chercheurs futurs le soin d'apprécier la valeur relative des travaux de mon savant collègue M. Quincke et des miens.

G. VAN DER MENSBRUGGHE.

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XX, p. 253, 1890.

(2) *Ibid.*, t. XXI, p. 420, 1891.

(3) *Ibid.*, t. XXI, p. 429.

ASSOCIATION INTERNATIONALE DES ACADÉMIES.

L'Académie impériale et royale des sciences de Vienne fait savoir qu'elle a été désignée comme académie directrice de l'Association internationale des Académies pour la période 1905-1907.

Le professeur Édouard Suess, président actuel de l'Académie de Vienne, et S. E. le chevalier von Hartel, Ministre des Cultes et de l'Instruction publique, ont été nommés respectivement président et vice-président de l'Association.

Ses délégués auprès du Comité international, les conseillers auliques Theodor Gomperz et Victor Edlen von Lang, conserveront leurs mandats pendant ladite période.

PRIX PERPÉTUELS.

Résultats des concours.

PRIX CHARLES LAGRANGE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE DU GLOBE.

Première période : 1901-1904.

Liste des travaux reçus :

1° Hecker (A.). *Bestimmung der Schwerkraft auf den Atlantischen Ozean* (in-4°).

2° Schweydar (Wilhelm). *Untersuchung der Oscillationen der Lotlinie auf dem Astrometrischen Institut der Gross-*

herzogl. Sternwarte zu Heidelberg von 3 Juli 1901 bis 1902 (in-8°).

— Commissaires : MM. Folie, Le Paige et Lancaster.

PRIX THÉOPHILE GLUGE

EN FAVEUR DE LA PHYSIOLOGIE.

Deuxième période : 1903-1904.

Liste des travaux reçus :

1° Falloise (D^r A.), assistant de physiologie à l'Université de Liège, 10 travaux (8 brochures et 2 manuscrits).

2° Fleig (C.), au laboratoire de physiologie de la Faculté de médecine de Montpellier, 4 brochures.

3° Ioteyko (J.), docteur en médecine à l'Université de Bruxelles, 5 brochures.

4° Plumier (Léon), assistant à l'Université de Liège, 8 brochures (dont 2 à titre documentaire) et 3 manuscrits.

5° Wolf (Heinrich), à Vienne, 1 brochure (*Ueber die Bedeutung des Vagus für die Atmung*).

6° Zunz (E.), à Bruxelles, 6 brochures.

— Commissaires : MM. Masius, Plateau et Fredericq.

RAPPORTS.

Il est donné lecture des rapports suivants :

De MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau, sur deux requêtes, l'une de M. le docteur Falloise, assistant de physiologie à l'Université de Liège, l'autre de M. Marc

de Selys Longchamps, docteur en sciences naturelles, ayant pour objet l'occupation de la table belge de la Station zoologique de Naples. — Renvoi à M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique avec l'appui unanime de la Classe de voir favorablement accueillir ces deux demandes.

*Les tractions rythmées de la langue (procédé Laborde)
dans l'asphyxie chez le chien; par F. Philips.*

Rapport de M. Léon Fredericq, premier commissaire.

« Laborde a montré que les tractions rythmées de la langue étaient capables de rappeler à la vie un animal récemment asphyxié : les mouvements respiratoires et les pulsations cardiaques se rétablissent. La mort prématurée du physiologiste français ne lui a pas permis de déterminer le mécanisme de cette remarquable action des tractions linguales. L'auteur a cherché à combler cette lacune de nos connaissances en ce qui concerne la restauration de la fonction cardiaque. Il montre qu'il s'agit d'un réflexe dont il localise la voie centrifuge dans le tronc du pneumogastrique cervical. L'atropine empêche le réflexe de se produire : ce poison exerce probablement son action nuisible à la fois sur les terminaisons de la voie nerveuse centripète (*glosso-pharyngien*) et sur celles de la voie centrifuge (terminaisons intra-cardiaques du *pneumogastrique*).

L'auteur signale brièvement les effets physiologiques des tractions rythmées sur l'animal intact, non soumis à l'asphyxie; il examine aussi la valeur des tractions

rythmées considérées comme procédé de rappel à la vie des individus asphyxiés.

J'ai l'honneur de proposer l'insertion de l'intéressante notice de M. Philips et des graphiques qui l'accompagnent dans le *Bulletin* de la séance. »

M. Masius s'étant rallié à la proposition de M. Fredericq, le travail de M. Philips paraîtra au *Bulletin* avec ses graphiques.

- a) *Nouvelles observations sur le chlorure de cobalt*; par M. Oechsner de Coninck. — b) *Sur deux sulfates doubles d'uranyle*; par MM. Oechsner de Coninck et Chauvenet.

Rapport de M. W. Spring.

« M. Oechsner de Coninck présente deux notes à l'Académie. La première fait connaître la préparation de deux sulfates doubles d'uranyle et de potassium et d'uranyle et d'ammonium cristallisés avec deux et trois molécules d'eau.

Ce travail a été fait en collaboration avec M. Chauvenet. La seconde note est un complément à celle qui se trouve insérée dans le *Bulletin* de la séance de juillet dernier, et qui est relative à la transformation du chlorure de cobalt hexahydraté par la lumière.

L'auteur a observé, à présent, que cette transformation est réversible.

Je propose l'insertion de ces deux notes dans le *Bulletin* de la séance. » — Adopté.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Sur les alcools secondaires normaux en C₉ (communication préliminaire); par Louis Henry, membre de l'Académie.

Je me suis occupé précédemment de déterminer l'influence qu'exerce sur la *volatilité* des composés isomères le déplacement des radicaux fonctionnels dans les chaînes carbonées normales (*)



Malheureusement les faits connus jusqu'ici ne sont pas suffisants, soit parce qu'ils manquent parfois de précision, soit parce qu'ils sont trop peu nombreux, pour résoudre cette question générale d'une manière satisfaisante. L'intérêt qu'elle présente m'a engagé à y revenir.

Ce n'est qu'à partir de l'étage C₅ qu'il existe des isomères de cette nature - CHX, les groupements terminaux - CH₃ restant intacts; leur nombre va dès lors en augmentant à mesure que la chaîne carbonée (H₂C)_n est plus longue : deux sont possibles en C₅, trois en C₇, quatre en C₉, cinq en C₁₁, et ainsi de suite.

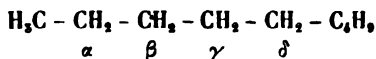
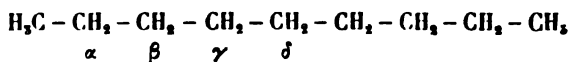
J'ai cru que l'étude des dérivés en C₉ se présentait dans les conditions les plus favorables; le nombre en est

(*) *Sur l'isomérisie dans les dérivés des chaînes carbonées normales* - CH₃ - CH₂ . . . CH₂ - CH₂ - (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. XIX, 3^e sér., p. 339 [année 1890].)

déjà assez notable; en outre, ce sont ceux qui m'ont paru les plus faciles à appeler à l'existence et dont l'examen peut se faire avec le plus de chances d'exactitude dans les mesures.

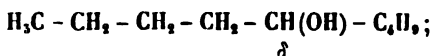
Ces dérivés - CHX en général se rattachent directement à des alcools - CH (OH), qui en sont les représentants principaux et, dans la plupart des cas, les points de départ.

Le *nonane* normal étant

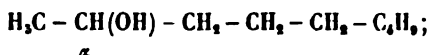


les quatre alcools *secondaires* - CH (OH) suivants lui correspondent :

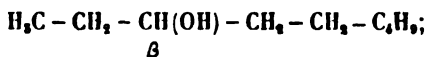
1° Un *symétrique*, le dérivé δ , le *di-butyl-carbinol* normal



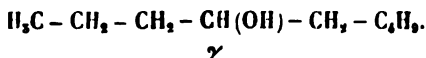
2° Trois *dissymétriques* : le dérivé α d'abord, le *méthyl-heptyl-carbinol*



le dérivé β ensuite, ou le *éthyl-hexyl-carbinol*



le dérivé γ enfin, ou le *propyl-amyl-carbinol* normal



Parmi les méthodes diverses qui permettent de faire des alcools secondaires en général et auxquelles on peut s'adresser pour obtenir ces alcools en C_9 en particulier, s'offre comme la plus avantageuse, par la facilité de son exécution, la certitude de son résultat et l'élévation de son rendement, la réaction des composés halo-magnésiens $C_nH_{2n+1} - MgX$ (Br ou I) sur les *aldéhydes aliphatiques* $C_nH_{2n+1} - CHO$, comme suit :

1° Dérivé α , réaction de $C_7H_{15} \cdot Mg \cdot Br$ sur $CH_3 - CHO$;

2° Dérivé β ; réaction de $H_5C_2 \cdot Mg \cdot Br$ sur l'*ænanthol* $H_{13}C_6 - CHO$;

3° Dérivé γ ; réaction de $H_{11}C_5 \cdot Mg \cdot Br$ normal et primaire sur l'aldéhyde butyrique normale $H_3C - CH_2 - CH_2 - CHO$;

4° Dérivé δ ; réaction de $H_9C_4 \cdot Mg \cdot Br$ normal et primaire sur l'aldéhyde amylique normale $H_3C - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CHO$.

On voit que ces quatre alcools $C_9H_{19} - OH$ se partagent, quant à leur formation, en deux séries : la première comprenant α et β , la seconde γ et δ . Dans chacune d'elles, l'aldéhyde et le dérivé halo-magnésien alternent quant à leur teneur en carbone.

J'ai eu la satisfaction de trouver dans quatre de mes élèves, qui se préparent au doctorat en sciences chimiques, des collaborateurs de bonne volonté pour accomplir cette tâche tout entière. Elle est en bonne voie d'exécution dans mon laboratoire et même déjà passablement avancée en ce moment. J'ai la confiance de pouvoir présenter à l'Académie, dans le courant de cette année, le résultat des recherches entreprises dans cette direction par MM. Gérard, Malengreau, Pexsters et Van Gysegem,

avec un zèle éclairé auquel je me plais à rendre hommage dès à présent.

Avant de terminer, je ne puis m'empêcher de constater combien a été heureusement inspiré le législateur de 1890 en rétablissant la *dissertation inaugurale* parmi les épreuves qui conduisent au grade de *docteur en sciences*. Je me félicite hautement de n'avoir pas été étranger à cette mesure, qui exerce une influence si salutaire sur la production scientifique dans notre pays, spécialement au point de vue des études chimiques.

Démonstrations expérimentales des phénomènes thermiques qui se développent dans les substances phosphorescentes; quelques réflexions sur la validité des théories physiques; par P. De Heen, membre de l'Académie.

Si l'on recouvre les boules A et B d'un thermoscope de Leslie de deux substances ayant des pouvoirs absorbants différents, A étant, par exemple, recouverte d'un enduit de craie pilée, et B d'un enduit de noir de fumée, on remarque que si l'appareil est exposé à la radiation solaire ou à la radiation d'une lampe à incandescence, la boule B s'échauffe davantage. La colonne *b* s'abaisse, la colonne *a* se relève, et il en est ainsi pendant tout le temps de l'exposition à la radiation : ce caractère est permanent.

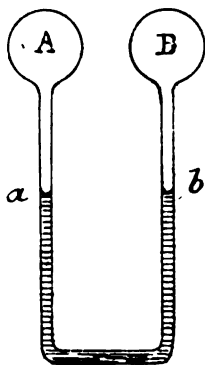


FIG. 1.

Supposons maintenant que le noir de fumée soit remplacé par du sulfure de calcium phosphorescent, qui a à peu près le même pouvoir absorbant que la craie. Le phénomène observé sera alors tout différent. Si l'on expose l'appareil à un faisceau de radiations solaires qui renferme de petites longueurs d'onde, on remarque que la colonne *b* s'abaisse d'abord, comme si le sulfure de calcium avait un pouvoir absorbant plus grand, *mais ce phénomène n'est pas permanent*, et après un quart d'heure environ, l'appareil est revenu au zéro.

Ainsi se trouve vérifiée la première partie de la théorie développée dans notre précédente note. Les petites longueurs d'onde déterminent la sortie d'un certain nombre d'ions de l'atome, lesquels constituent autour de ce dernier une espèce d'atmosphère phosphorescente. Or, tant que la sortie de ces ions, sous l'action des petites longueurs d'onde, l'emporte sur les rentrées déterminées par les grandes longueurs d'onde, il y a tendance à destruction de l'atome, à désassimilation ou à dématérialisation, suivant l'expression du Dr Gustave le Bon. Ce phénomène est accompagné d'un dégagement de chaleur, mais ce dégagement cesse de se produire lorsque l'assimilation devient égale à la désassimilation : l'atmosphère ionique phosphorescente est alors saturée.

L'appareil étant revenu au zéro, on supprime la radiation solaire et on la remplace par la radiation d'une lampe à incandescence placée dans le voisinage, et qui n'émet que de grandes longueurs d'onde. On constate alors que la colonne *b* s'abaisse : il y a production de froid, mais après un quart d'heure environ, l'appareil est revenu au zéro.

Les grandes longueurs d'onde déterminent la rentrée

des ions phosphorescents dans l'atome : il y a reconstitution de matière, assimilation ou matérialisation, avec absorption d'énergie. Lorsque l'assimilation est achevée, l'appareil revient au zéro.

Nous voyons donc l'espèce ou l'atome chimique se comporter à peu près comme l'être doué de vie, qui assimile et désassimile, qui vit et qui meurt suivant les conditions du milieu dans lequel on le place.

Nous avons été conduit à l'existence de ce fait par une théorie physique. Et cependant toutes les théories physiques passées, présentes et futures ont été, sont et seront toujours fausses ou incomplètes. Pour les rendre adéquates à tous les faits que la nature nous présente, il faudrait connaître les secrets qui seront toujours cachés aux humains.

Il y a quelques années déjà, j'ai émis cette pensée que les théories fausses (elles doivent nécessairement l'être toutes) pouvaient être utiles. Cette pensée fut accueillie, dans un certain milieu, avec assez peu de faveur, pour ne pas dire davantage. Peu de temps après, M. Poincaré émit la même pensée, et comme il n'appartenait pas à notre nationalité, elle fut, cette fois, accueillie avec moins de défaveur.

Il sera donc toujours impossible d'édifier une théorie vraie, et je suis, sous ce rapport, du même avis que l'école analyste et, en particulier, que M. Poincaré et que M. Duhem.

Prenons pour exemple deux théories classiques, la théorie des gaz de Clausius et la théorie des solutions d'Arrhénius. Ces deux théories ont rendu à la science des services considérables, bien qu'elles se trouvent en contradiction flagrante avec le principe actuellement le mieux établi, le principe de la conservation de l'énergie.

Les physiciens ont eu raison de ne pas les rejeter, car elles préparent l'évolution, non pas vers des théories qu'on pourrait appeler meilleures, mais vers des théories *moins mauvaises*.

Mais là où nous cessons d'être d'accord avec l'école analyste, c'est lorsque nous affirmons que ces théories médiocres constituent la base des sciences physiques, et que l'abandon de celles-ci n'aurait d'autre résultat que de faire une science composée d'un amas incohérent de faits, de produire l'image la plus parfaite d'une ruine.

C'est pour ne pas avoir su se plier à la théorie atomique que l'école de chimie française s'est trouvée notablement en retard sur l'école allemande.

Reprenons un instant encore la théorie des gaz dont on suppose les éléments doués d'une vitesse *moyenne* de translation constante et dans laquelle on suppose que c'est cette énergie de translation qui correspond à l'énergie calorique.

Cette conception est en contradiction avec le principe de la conservation de l'énergie, car, comme on l'a très justement fait remarquer, si l'on suppose le vase renfermant le gaz divisé en deux compartiments, et que la paroi de séparation soit munie de clapets laissant passer les molécules rapides et retenant les molécules lentes, on conçoit la possibilité théorique d'établir une chute de température sans dépense de travail.

Cependant il eût été malheureux que cette théorie fût abandonnée, car elle renferme *une part de vérité*. Ce sont bien les chocs des éléments qui déterminent la pression, et la force vive de translation est bien *proportionnelle* à la température. Ce sont là déjà des vérités impor-

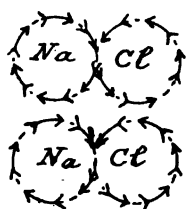
tantes, mais on a eu tort de conclure que la quantité de chaleur représente cette force vive des molécules, alors qu'il n'y a que simple proportionnalité. En réalité, la quantité de chaleur est représentée par l'énergie de giration des molécules, et cette énergie est la même *pour chaque molécule* à une température donnée. Si, à un moment donné, une certaine quantité de cette énergie vient à être transformée en énergie de translation, elle est immédiatement compensée par le milieu éthéré ambiant, et l'inverse aurait lieu si le mouvement giratoire tendait à être accru.

Si donc nous supposons une molécule rapide pénétrant par le clapet, elle n'aurait nullement pour effet d'accroître la température, et cet excès de vitesse n'étant que *momentané* et ne dépendant que du mode accidentel de la dernière rencontre, elle n'aura pas pour résultat non plus d'accroître la pression d'une manière permanente.

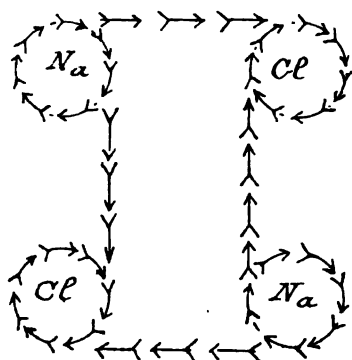
La différence fondamentale qui existe entre deux gaz à températures différentes se trouve dans la différence d'énergie girostatique de leurs éléments. Les vitesses *moyennes* de translation dues aux rencontres seront plus grandes lorsque la température est plus élevée, lorsque la vitesse, toujours la même, des divers éléments est plus grande. Mais il se peut, comme le dit Clausius, que certains éléments du gaz à basse température aient à un instant donné une vitesse de translation plus grande, *d'où nous ne concluons pas avec ce physicien que la température de cette molécule est plus élevée.*

Quant à la théorie électrolytique d'Arrhénus, elle comporte également une bonne part de vérité; les éléments chimiques sont parfaitement séparés les uns des

autres comme il le suppose, mais il n'y a pas dissociation ou mise en jeu d'énormes quantités de chaleur. Les éléments chimiques continuent tous à être reliés les uns aux autres par les chaînes ioniques qui établissent la combinaison, mais qui se sont allongées. Le milieu n'est pas ionisé, mais il est rendu iodynamique.



*2 molécules de
Na Cl.*



*2 molécules de Na Cl en dissolution
iodynamisées et non ionisées.*

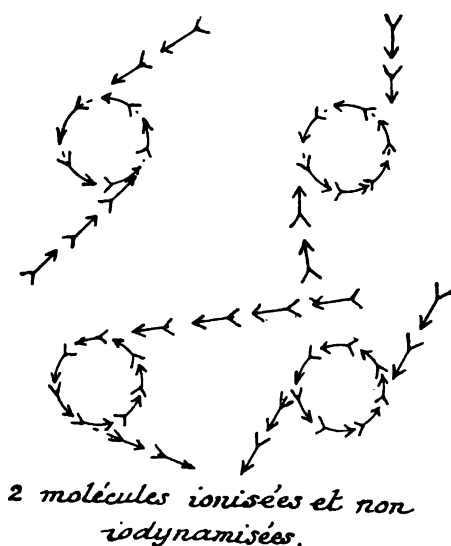


FIG. 2.

Nous pouvons donc conclure que cette conception est moins défectueuse, bien qu'il ne soit jamais entré dans ma pensée d'établir une théorie à l'abri de toute critique; de plus, elle prévoit le transport de matière de l'anode vers la cathode et non de la cathode vers l'anode.

On ne démontre nullement la validité d'une théorie physique ainsi qu'on démontre la validité d'un théorème de géométrie. Les théories physiques peuvent être utiles et relativement bonnes tout en se trouvant en contradiction avec un fait ou avec un principe; ainsi que les deux exemples énumérés le démontrent, elles en préparent de meilleures et ne constituent qu'une phase de l'évolution.

Influence du radium sur l'énergie respiratoire de graines en germination; par H. Micheels et P. De Heen.

Divers auteurs (1) ont décrit les effets physiologiques qu'ils ont observés en soumettant des organismes vivants à l'influence du radium. Aucun d'entre eux ne paraît s'être arrêté à l'examen des actions produites sur la respiration des plantes.

Nous nous sommes occupés de cette manifestation vitale en choisissant comme matériaux d'étude des graines de pois en germination (v. pois nain hâtif, lever du soleil).

Il convient, d'ailleurs, de souligner ici l'identité, à certains égards, des phénomènes respiratoires dans les deux règnes.

N'ayant pas de bromure de radium pur à notre disposition, nous avons fait usage d'une poudre radifère (2).

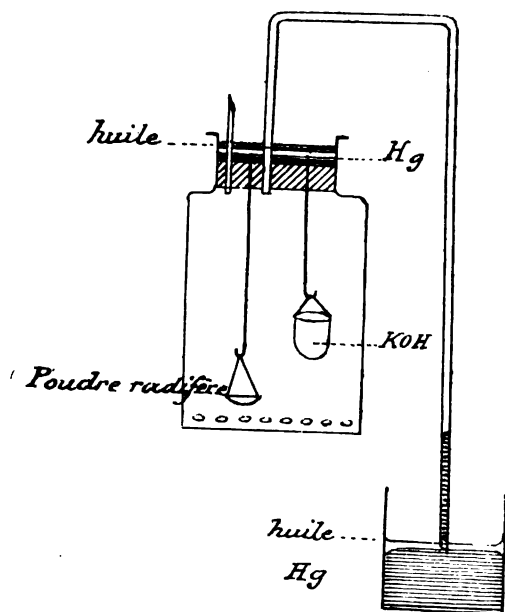
La méthode suivie dérive de celle qui a servi à God-

(1) Nous citerons notamment H. BECQUEREL et P. CURIE (*Comptes rendus*, 1901, vol. 132, p. 1289); H. BECQUEREL (*ibid.*, 1901, vol. 133, p. 712); J. DANYSZ (*ibid.*, 1903); G. BOHN (*ibid.*, 1903); J. DAUPHIN (*ibid.*, 1903 et 1904); CH. BOUCHARD, P. CURIE et V. BALTHAZARD (*ibid.*, 1904); C.-J. SALOMONSEN et G. DREYER (*ibid.*, 1904); A.-B. GREEN (*Proc. Roy. Soc. London*, 1904); M. KOERNICKE (*Ber. der Deutsch. botan. Gesellsch.*, 1904).

(2) L'activité de cette poudre, dont on employait $\frac{1}{2}$ gramme environ, mesure 240; on s'assurait avant chaque expérience que cette poudre déchargeait un électroscope. (Fournisseur : Ch. Noé, à Paris.)

lewski (1) pour mesurer, à la fois, l'absorption d'oxygène par les graines en germination et leur dégagement d'anhydride carbonique.

Nous avons employé, dans nos expériences, des flacons en verre à large goulot, dont la capacité a été exactement mesurée au moyen d'une burette. Les graines, trempées



au préalable dans l'eau, ont été placées au fond des flacons sur des filtres en papier, mouillés par un volume d'eau déterminé. Les bouchons, en caoutchouc, ont été

(1) Dr E. GODLEWSKI, *Beiträge zur Kenntniss der Pflanzenathmung*.
(PRINGSHEIM'S JAHRBÜCHER FÜR WISSENSCHAFTLICHE BOTANIK, 1882.)

percés de quatre ouvertures. Dans l'une d'elles, on a introduit un tube en verre à pointe effilée, fermé à la lampe. Un autre orifice a reçu la courte branche d'un tube en verre à deux courbures, dont la longue branche, calibrée et pourvue d'une échelle divisée en millimètres, plongeait dans un vase contenant du mercure recouvert d'une couche d'huile ou de glycérine. La troisième et la quatrième ouvertures ont été réservées à des baguettes en verre formant crochets auxquels ont été suspendus, à l'un, un godet en verre avec une solution de potasse caustique, à l'autre, une petite coupelle en plomb. Pour obtenir une fermeture absolument hermétique des flacons, on a enfoncé les bouchons de caoutchouc dans les goulots, de telle sorte qu'on pût les recouvrir d'une couche de mercure surmontée d'huile ou de glycérine.

A mesure que les germinations respiraient et absorbaient de l'oxygène, le mercure s'élevait dans le tube en verre à deux courbures; l'anhydride carbonique dégagé était fixé par la potasse caustique.

Dans chacune des expériences, nous faisons usage de deux appareils aussi identiques que possible. L'un servait de témoin, l'autre recevait la poudre radifère déposée dans la coupelle en plomb, suspendue de telle sorte qu'elle fût très près des graines. Le plomb empêchait l'action de toute radiation directe. L'ionisation développée dans le milieu ambiant entraînait seule en jeu.

Le volume de l'air dans chacun des appareils, abstraction faite des corps se trouvant dans les flacons, était exactement déterminé.

Nos expériences ont été effectuées dans une vaste chambre obscure dont la température, d'ailleurs soigneusement notée, restait assez constante.

Numéro des expériences . . . Durée des expériences . . . Températures extrêmes . . . (dans la chambre obscure),	4		2		3		5	
	APPAREILS		APPAREILS		APPAREILS		APPAREILS	
	sans poudre radifère.	avec poudre radifère.	sans poudre radifère.	avec poudre radifère.	sans poudre radifère.	avec poudre radifère.	sans poudre radifère.	avec poudre radifère.
Nombre de graines employées . .	(1) 25	(2) 25	(3) 25	(4) 25	(5) 25	(6) 25	(7) 34	(8) 34
Poids de ces graines à l'état sec (en grammes)	7,87	8,088	7,594	8,969	7,8	7,447	9,592	41,416
Volume de ces graines gonflées (en centimètres cubes)	45	48	45	46,5	45	45	49,5	20
Volume d'air des appareils . . . avant l'introduction des graines, etc.)	4170,15	4171,8	4171,8	4170,15	4171,8	4170,15	4167	4303
Poids d'auhydride carbonique . . (en grammes)	0,363	0,209	0,340	0,254	0,380	0,578	0,517	0,464

N. B. — Les graines dont il s'agit dans la colonne 8 avaient déjà été soumises à l'action de la poudre radifère avant d'être introduites dans l'appareil.

Nous avons attribué beaucoup plus d'importance aux données fournies par le dosage de l'anhydride carbonique qu'aux indications provenant de l'ascension du mercure dans le tube en verre.

Remarquons, à cet égard, que l'ascension du mercure était notablement plus rapide dans les appareils témoins.

Pour ce qui concerne le dosage de l'anhydride carbonique dégagé, on s'est servi du procédé suivant : La même quantité d'une solution de potasse à l'alcool ($\frac{\text{une partie en poids de KOH}}{\text{deux parties en poids de H}_2\text{O}}$) était versée dans les godets des appareils. L'expérience terminée, le liquide était recueilli dans des appareils de Geissler avec l'eau provenant du lavage des godets. Par pesée, avant et après l'action de l'acide sulfurique, on obtenait le poids de l'anhydride carbonique.

Nous avons transcrit dans le tableau ci-dessus les protocoles de quelques-unes de nos expériences.

La lecture de ce tableau nous montre qu'en présence de la poudre radifère, le dégagement d'anhydride carbonique est moindre.

Cet anhydride carbonique provient nécessairement des graines en germination et des bactéries qui les accompagnent.

Pour ce qui regarde la respiration des bactéries, nous connaissons les critiques que W. Polowcew (1) a formu-

(1) W. POLOWCEW, in *Mémoires de l'Académie impériale des sciences de Saint-Petersbourg*, série VIII, Classe physico-mathématique, vol. 12, n° 7, 1901 (en russe, 69 pp. et 2 pl.).

lées contre la méthode de Godlewski, qui ne tient pas compte du gaz carbonique que dégagent les bactéries lorsque les graines n'ont pas été stérilisées. Mais il ne faut pas perdre de vue que A.-J. Nabokich (1) a prouvé, assez récemment, que la pratique de la stérilisation des graines amène des perturbations considérables dans leur énergie respiratoire lors de la germination. Cet auteur a pu démontrer, en effet, que cette énergie augmentait d'abord, diminuait ensuite, puis augmentait de nouveau chez les graines stérilisées en germination. Il était donc préférable de ne point recourir à l'emploi de graines aseptisées.

La diminution que nous avons remarquée dans la production d'anhydride carbonique et, par suite, dans l'énergie respiratoire, est en corrélation étroite avec d'autres phénomènes physiologiques dus au radium. Rappelons, à ce sujet, la destruction de la faculté germinative chez les graines sèches, c'est-à-dire à l'état de vie ralentie (2), et l'arrêt de développement et de croissance constaté chez divers végétaux et animaux.

(1) A.-J. NABOKICH, *Ueber den Einfluss der Sterilisation der Samen auf die Athmung*. (BERICHTE DER DEUTSCHEN BOTANISCHEN GESELLSCHAFT, vol. XXI, p. 279, 1903.)

(2) D'après les expériences de L. Matout, signalées par H. BECQUEREL, *Sur quelques effets chimiques produits par le rayonnement du radium*. (COMPTES RENDUS, 1901, vol. 133, p. 712.)

*Les tractions rythmées de la langue (procédé Laborde)
dans l'asphyxie chez le chien ; par F. Philips.*

Laborde a montré que les mouvements respiratoires et les pulsations cardiaques, arrêtés sous l'influence de l'asphyxie par occlusion de la trachée, peuvent se rétablir à nouveau sous l'influence des tractions rythmées de la langue, la trachée restant toujours fermée.

Laissant de côté l'étude du réflexe respiratoire dans l'expérience de Laborde, je me suis attaché à déterminer le mécanisme de la résurrection de la fonction cardiaque.

Toutes les expériences ont été faites sur des chiens anesthésiés par la morphine (1 centigramme ou moins par kilogramme d'animal) et un peu de chloroforme. Un manomètre à mercure fixé par une canule de François-Franck dans le bout cardiaque d'une carotide ou d'une crurale, enregistrait le tracé de la pression artérielle en regard de celui de la respiration recueilli au moyen du pneumographe de Knoll, fixé autour de la poitrine ou autour de l'abdomen et relié à un tambour à levier; une canule métallique était fixée dans la trachée; son occlusion, au moyen d'un bouchon en caoutchouc, servait à produire l'asphyxie. Nous attendions ordinairement le dernier mouvement respiratoire et cardiaque (dans certaines expériences, toutefois, le cœur n'était pas complètement arrêté) pour faire nos tractions rythmées au moyen d'une pince métallique fixée à la langue de l'animal en expérience et à laquelle nous imprimions des mouvements de va-et-vient. Pour les expériences de traction prolongée,

nous nous servions d'un appareil spécial, composé d'un moulin à eau faisant mouvoir horizontalement une tige fixée au moyen d'une pince à la langue de l'animal. Les tractions rythmées étaient faites (au moins à leur début) pendant que la trachée restait fermée. Les secousses produites par les tractions de la langue indiquaient celles-ci sur le tracé pneumographique.

§ 1. — Action des tractions rythmées de la langue sur les fonctions cardiaques d'un chien asphyxié.

« Au moment précis de l'arrêt fonctionnel du cœur et du diaphragme et de la mort apparente, nous dit Laborde, on voit se produire, après quelques tractions (5-10 en moyenne) et cela sans qu'un atome d'oxygène ne pénètre, avec une amplitude progressive le tracé de la contraction diaphragmatique et à peu près simultanément, mais après, les contractions rythmiques du cœur, faibles d'abord, mais s'accroissant de plus en plus. »

La figure 1 montre les phénomènes tels qu'ils se passent chez un assez grand nombre de chiens.

Ce graphique représente la fin de l'asphyxie avec un arrêt complet de la respiration et une chute progressive de la pression sanguine avec arrêt du cœur.

A peine avons-nous fait une dizaine de tractions, qu'il se produit une systole cardiaque énergique, précédant tout mouvement respiratoire, puis, simultanément avec une inspiration profonde et avec une hausse de pression considérable, une série de contractions cardiaques énergiques et accélérées surtout dans le haut et la partie descendante de ce bond manométrique.



FIG. 1. — Chien de 6 kilogrammes; 6 centigrammes de morphine. — Pneumographe de Knoll sur abdomen. — Manomètre à mercure dans la carotide droite. — Temps en secondes.

Après un petit arrêt du cœur, ce même phénomène se représente, avec cette différence toutefois que la hausse manométrique est plus considérable.

Peu à peu, et après ouverture préalable de la trachée, l'animal revient à un fonctionnement cardio-respiratoire normal sous la seule influence des tractions rythmées.

Donc, sous l'influence des tractions rythmées, il se produit un réveil du fonctionnement cardio-respiratoire. La respiration est profonde d'emblée; le réveil du fonctionnement cardiaque consiste dans l'apparition de pulsations renforcées et accélérées, pouvant amener secondairement des hausses de pression considérables (bonds manométriques).

Toutefois, la hausse de pression n'est pas toujours aussi considérable ni aussi brusque; dans bien des cas, l'accélération et le renforcement des systoles s'accompagnent d'une légère hausse de pression (fig. 2).

Par quel mécanisme s'expliquer le réveil cardiaque?

Il semble bien qu'on doive écarter l'action mécanique directe exercée sur le cœur et les gros vaisseaux par les mouvements de la cage thoracique et des parois abdominales au moment où la respiration s'établit (1).

Dans beaucoup de cas, le réveil du cœur précède celui des mouvements respiratoires et ne peut donc être mis sur le compte de ceux-ci.

(1) Si l'on coupe toute communication nerveuse entre le cœur et les centres nerveux (section double de l'anse de Vieussens et des pneumogastriques) et si l'on opère de manière à mettre le cœur sous la seule influence de l'action mécanique directe de la respiration (fermeture de la cage thoracique), cet organe ne se remet pas à fonctionner malgré le réveil de la respiration (fig. 6).

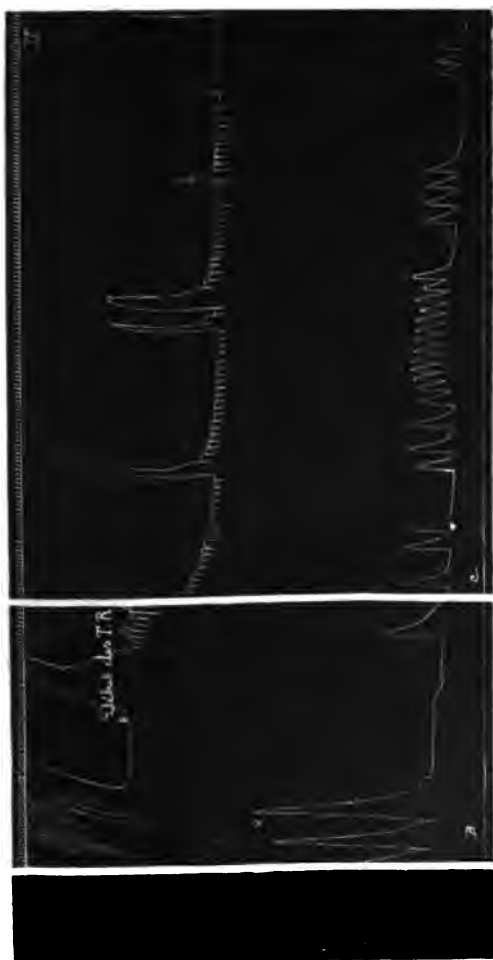


FIG. 2. — Chien de 12 kilogrammes; 12 centigrammes de morphine.

— Trachée fermée pendant toute la durée des tractions rythmées :

A) Tracé pris avant l'asphyxie.

B) Tracé de la fin de l'asphyxie, arrêt du cœur et de la respiration et début des tractions rythmées.

C) Action des tractions rythmées. — Entre B et C, il y a un intervalle de cinquante secondes pendant lequel se sont produits deux mouvements respiratoires et quatre pulsations cardiaques.



FIG. 3. — Chien de 13 kilogrammes; 13 centigrammes de morphine. — La respiration artificielle n'est pas reprise pendant toute la durée de l'expérience :

A) Tracé avant l'asphyxie.

B) Tracé pris vers la fin de l'asphyxie.

C) Arrêt du cœur et de la respiration (fin de l'asphyxie). — Tractions rythmées. Notre méthode d'inscription des mouvements respiratoires a été insuffisante ici. Mais les mouvements respiratoires qui se sont produits ici correspondent aux interruptions dans le tracé des tractions rythmées.

Il est d'ailleurs facile de mettre l'aspiration thoracique et la compression des viscères abdominaux hors de cause en opérant sur des chiens asphyxiés ayant le thorax et la cavité abdominale largement ouverts.

Les tractions rythmées faites dans ces conditions produisent également le réveil du cœur avec renforcement et accélération notable des systoles (fig. 3).

Nous sommes donc probablement en présence d'un réflexe cardiaque (1), ayant pour point de départ l'irritation mécanique des nerfs laryngé supérieur et glosso-pharyngien par les tractions de la langue et s'exerçant sans doute par les centres cardiaques de la moelle allongée.

Quant à la voie centrifuge du réflexe, nous avons à la rechercher soit dans le pneumogastrique, soit dans l'anse de Vieussens.

Nous avons d'abord répété l'expérience de Laborde sur des chiens qui avaient subi la double section des vagues au cou et constaté que cette opération empêche la restauration de la fonction cardiaque malgré le rétablissement de la fonction respiratoire et malgré que le cœur n'était pas complètement arrêté (fig. 4).

Puis nous avons constaté sur des animaux que la double section des anses de Vieussens n'empêchait pas la restauration de la fonction cardiaque (accélération et renforcement des systoles avec hausse progressive de la

(1) Si l'on coupe toute communication nerveuse entre le cœur et les centres nerveux (fig. 6) ou si l'on coupe le pneumogastrique, — voie centrifuge (fig. 4) du réflexe, — le cœur ne se réveille plus.

pression) malgré une large ouverture de la cage thora-



Fig. 4. — Chien de 12 kilogrammes; 12 centigrammes de morphine. — Double vagotomie.
La trachée reste fermée pendant toute la durée de l'expérience.
A) Tracé pris avant l'asphyxie. Vagues intactes.
B) Tracé pris avant l'asphyxie. Vagues coupés.
C) Un stade de l'asphyxie.
D) Tracé pris vers la fin de l'asphyxie. Arrêt de la respiration. Pulsations cardiaques affaiblies. Début des tractions rythmées.

cique (fig. 5). (Chien à poitrine ouverte par ablation du plastron sternal; respiration artificielle à air chaud; asphyxie par suspension de la respiration artificielle.)



Fig. 5. — Chien de 7 kilogrammes; 7 centigrammes de morphine. — Section de l'anse de Vieussens à droite et à gauche. Cage thoracique largement ouverte. La respiration artificielle n'a pas été reprise pendant toute l'expérience.

A) Tracé avant la section nerveuse.
 B) Tracé après la section nerveuse.
 C) Début de l'asphyxie.
 D) Arrêt du cœur et de la respiration. Tractions rythmées.

Par contre, si nous pratiquons la double section de l'anse de Vieussens et la double vagotomie au cou, l'expérience donne un tout autre résultat : les tractions rythmées ont perdu leur action, le cœur ne se remet plus à battre malgré le réveil de la respiration et quoique le cœur n'eût pas encore cessé de battre au moment où nous commençons les tractions (fig. 6).

Le réflexe, qui a pour effet de ranimer le cœur dans l'expérience de Laborde, suit donc la voie centrifuge des pneumogastriques.

Pour éliminer les fibres modératrices du pneumogastrique, nous avons atropinisé des animaux à une dose faible (1 à 2 milligrammes pour un chien de 5 à 7 kilogrammes) quoique suffisante. Mais dans ces conditions, et après asphyxie, les tractions rythmées de la langue ou bien ne produisaient ni réflexe cardiaque ni réflexe respiratoire, ou bien ne produisaient qu'un réflexe respiratoire. Faut-il admettre une paralysie des extrémités des nerfs sensibles qui rendrait la production du réflexe impossible?

En tout cas (et ceci expliquerait l'absence de réaction du cœur), le cœur s'arrêtait très vite avant la respiration au cours de l'asphyxie, indiquant donc son empoisonnement.

§ 2. — Action des tractions rythmées de la langue sur les fonctions respiratoires d'un animal en activité physiologique.

Si nous pratiquons les tractions de la langue sur un animal non asphyxié, mais endormi, nous constatons une accélération et un renforcement des mouvements respiratoires.



Fig. 6. — Chien de 6 kilogrammes; 6 centigrammes de morphine. — Section double des vagues et des anses de Vieussens après ouverture de la cage thoracique et respiration artificielle. Puis fermeture de la cage thoracique.

- A) Tracé pris avant l'asphyxie, mais après section des anses de Vieussens. La cage thoracique a été refermée.
- B) Tracé pris avant l'asphyxie. Section des pneumogastriques.
- C) Un stade de l'asphyxie.
- D) Fin de l'asphyxie. Arrêt de la respiration; quelques faibles systoles cardiaques. Début des tractions rythmées. La trachée reste fermée pendant toute l'expérience.

Dans la figure 7, on fait des tractions rythmées sur un animal à pneumogastriques coupés. L'effet respiratoire



Fig. 7. — Chien de 8 kilogrammes ; 8 centigrammes de morphine. — Double vagotomie.

est manifeste : la trachée restant ouverte, il se produit, grâce à l'accélération et au renforcement des mouvements

respiratoires sous l'influence des tractions rythmées, une suroxygénation du sang amenant une apnée complète et typique : suspension des mouvements respiratoires, baisse de la pression sanguine, avec accélération des contractions cardiaques et disparition des ondulations respiratoires de cette pression. Le phénomène dure plus ou moins longtemps, puis la pression sanguine se relève, la respiration reprend et imprime à nouveau les oscillations caractéristiques du tracé manométrique carotidien (fig. 7).

Remarque. — L'action directe de tractions linguales sur le cœur d'un animal en activité physiologique ne peut être étudiée sérieusement à cause de l'intervention de la respiration (facteur oxygène).

§ 3. — Appendices.

Les tractions rythmées de la langue seules sont-elles capables de faire revivre complètement un animal ? Quelle est, en d'autres termes, la valeur pratique de la méthode Laborde ?

Nous avons opéré sur une soixantaine de chiens.

L'asphyxie était produite par occlusion de la trachée ou par suspension de la respiration artificielle ; le début des tractions rythmées à la fin de l'asphyxie se faisait pendant quelque temps à l'abri de l'oxygène, la trachée restant fermée ; mais on ouvrait celle-ci peu après, de manière à donner libre accès à l'air appelé dans le poumon par la seule action des mouvements respiratoires provoqués par les tractions linguales.

Voici un tableau relatant le résultat de toutes nos expériences :

Nombre de chiens.	Conditions d'expérience.	Réflexe respiratoire.	Réflexe cardiaque.	Valeur pratique.
9	—	○	○	○
2	Double vagotomie.	○	○	○
4	Atropinisé.	○	○	○
6		+	+	+
47		+	+	○
40	Double vagotomie.	+	○	(○) (4)
6	Section double de l'anse de Vieussens.	+	+	L'animal ne peut se réveiller que sous l'influence de la respiration artificielle.
6	Double vagotomie et section double de l'anse de Vieussens. — Poitrine refermée.	+	○	
3	Atropinisé.	+	○	
63				(○) (4)

Nous voyons donc qu'outre les cas où il ne s'est produit aucune réaction ni respiratoire ni cardiaque (11 cas), il

(4) Les tractions rythmées seules ne peuvent pas ranimer l'animal. Voir nos expériences.

en est d'autres, et en grand nombre (17), où la réaction cardio-respiratoire, quoique existante, n'a pas suffi pour amener le fonctionnement total et définitif de l'appareil cardio-respiratoire (fig. 2).

Dans quelques cas (6), cependant, la réaction a été suffisante et a amené une survie totale (fig. 1).

De plus, jamais nous n'avons réussi à ranimer un animal mort depuis quelque temps (5-10 minutes).

La traction prolongée (2-4 heures) dans le cas d'insuccès au début de l'expérience, ne nous a guère donné de résultats.

Nous pouvons en conclure que la méthode Laborde, si elle provoque ordinairement une réaction cardio-respiratoire, n'est pas suffisante le plus souvent pour ramener à elle seule le rétablissement total de la fonction cardio-respiratoire.

L'association de méthodes telles que respiration artificielle énergique, massage du cœur, lui est nécessaire. D'ailleurs, dans le cas où nous avons associé une de ces méthodes à la traction rythmée, nous avons toujours ranimé nos animaux.

Résumé.

1. La résurrection des pulsations du cœur (chez le chien) par les tractions rythmées de la langue (procédé Laborde), au cours de l'asphyxie par occlusion de la trachée, est un phénomène réflexe dont la voie centrifuge est représentée par le nerf pneumogastrique. La section des pneumogastriques ou l'empoisonnement par l'atropine empêchent le réflexe de se produire. Il peut persister après la section de l'anse de Vieussens (accélérateurs).

2. Les tractions linguales sur un animal en activité

physiologique amènent un renforcement et une accélération des mouvements respiratoires.

3. Si les tractions rythmées sont efficaces pour la production d'un réflexe cardio-respiratoire, elles ne le sont pas autant pour le rappel de la vie, et leur association à la respiration artificielle ou à une autre méthode s'impose.

Institut de physiologie de l'Université de Liège.

Sur deux sulfates doubles d'uranyle () ;*
par le Dr W. Oechsner de Coninck et Chauvenet.

Nous avons obtenu un sulfate double d'uranyle et de potassium



en broyant ensemble un mélange de bisulfate de potassium, en fort excès, et d'hydrate uranique, selon le procédé de M. Spring.

Ce sel avait déjà été obtenu par Ebelmen. Nous avons fait varier les conditions de la cristallisation et avons retiré de l'eau mère $\text{SO}_4\text{K}^2 + \text{SO}_4(\text{UO}_2) + 3\text{H}_2\text{O}$.

En faisant cristalliser ensemble, dans l'eau, molécules égales de sulfate neutre d'ammonium et de sulfate d'uranyle, nous avons formé un sel double



paraissant identique au sel récemment décrit par Rimbach. La cristallisation ayant été faite dans des conditions spéciales, nous avons obtenu un trihydrate : $\text{SO}_4(\text{AzH}_4)^2 + \text{SO}_4(\text{UO}_2) + 3\text{H}_2\text{O}$, correspondant au sel de potassium décrit plus haut.

(*) Institut de chimie de l'Université de Montpellier.

Nouvelles observations sur le chlorure de cobalt ()*;
par le Dr W. Oechsner de Coninck.

Dans une note présentée à l'Académie royale en juillet 1904, j'ai fait connaître l'effet produit par les radiations solaires sur une solution de chlorure de cobalt hexahydraté dans le glycol. Cette solution, primitivement rouge-carmin, était devenue nettement violette.

Des recherches photométriques m'ont montré que la solution violette absorbait la lumière avec plus d'intensité que la solution rouge-carmin. Si l'on représente par l'unité la quantité de lumière que laisse passer celle-ci, il faut représenter par 0.6 la quantité de lumière que laisse passer la solution violette.

Ainsi que je l'ai dit dans la note précitée, j'ai tenté d'isoler par distillation la modification allotropique du chlorure de cobalt hydraté, qui semblait exister dans la liqueur insolée, mais je n'ai obtenu qu'un mélange de chlorure de cobalt ordinaire anhydre et de son dihydrate. Il me paraît évident que c'est pendant la distillation, sous pression réduite, que cette modification instable a repassé à l'état de chlorure de cobalt ordinaire, lequel constitue la forme stable.

J'ajoute que, lorsque la solution violette a cessé d'être insolée, elle a repris peu à peu la teinte primitive. Le passage de la modification instable à la forme stable s'est donc effectué lentement, et dans les conditions ordinaires de température et de pression.

(1) Institut de chimie de l'Université de Montpellier.

ÉLECTION.

La Classe procède à l'élection de son directeur pour l'année 1906 ; les suffrages se portent sur M. Masius.

M. Fredericq, directeur sortant, en cédant le fauteuil à son successeur, M. De Heen, remercie ses confrères du cordial concours qu'il a rencontré pendant l'année écoulée et ajoute qu'il en conservera le meilleur souvenir.

M. De Heen propose de voter des remerciements à M. Fredericq pour la distinction et l'habileté qu'il a apportées dans l'exercice de son mandat. Il s'efforcera, ajoute-t-il, de suivre son exemple.

— Applaudissements.



OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Van der Mensbrugghe (G.). Ueber Ausbreitung und Extensionskraft. Gand, 1904; extr. in-8° (3 p.).

Demoor (J.). Cours de physiologie générale. Bruxelles, 1905; pet. in-8° (223 p.).

Liagre (Ch.). L'autolyse du foie étudiée par la méthode cryoscopique. Liège, 1904; extr. in-8° (3 p.).

Micheels (Henri). Rapports présentés au Cercle d'études agronomiques. Revue des travaux de botanique et de microbiologie, année 1903. 1904; extr. in-8° (14 p.).

Ioteyko (J.). Dictionnaire de physiologie, par Charles Richet; article : Curarisants (poisons). Paris, 1899; extr. gr. in-8° (18 p.).

— Les lois de l'ergographie. Étude physiologique et mathématique. Bruxelles, 1904; extr. in-8° (172 p. et 4 pl.).

— La dualité fonctionnelle du muscle. Bruxelles, 1904; in-8° (20 p.).

— Sur l'excitabilité des muscles dégénérés. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (4 p.).

— Der physiologische Mechanismus der Entartungs-Reaktion der Muskeln. Extr. in-8° (13 p.).

— Sur les modifications des constantes ergographiques dans diverses conditions expérimentales (alcool, sucre, anémie du bras, caféine, main droite et main gauche). Paris, 1904; in-4° (3 p.).

— Sur la mesure et sur les lois des variations de l'énergie disponible à l'ergographe suivant la fréquence des contractions et le poids soulevé. Paris, 1904; in-4° (3 p.).

BRUXELLES. *Commission de la Belgica*. Expédition antar-

tique belge. Résultats du voyage de *S. Y. Belgica*, en 1897-1899, sous le commandement de A. de Gerlache de Gomery. Rapports scientifiques. In-4°.

Météorologie. Rapports sur les observations météorologiques horaires; par Henryk Arctowski. 1904 (150 p. et 23 pl.).

Zoologie. Hydroiden, von Dr C. Hartlaub. 1904 (19 p. et 4 pl.).

— Nemertinen, von Dr Otto Bürger. 1904 (10 p. et 2 pl.).

— Poissons, par Louis Dollo. 1904 (240 p. et 12 pl.).

GAND. *Société de médecine*. Annales, volume LXXXIV : Livre jubilaire dédié au professeur Richard Boddaert. 1904.

BRUXELLES. *Société belge d'astronomie*. Annuaire pour l'an 1905.

CARLSRUHE. *Naturwissenschaftlicher Verein*. Verhandlungen, Band XVII, 1903-1904.

WIESBADEN. *Nassauischer Verein für Naturkunde*. Jahrbücher, Jahrgang 57. 1904.

GÖRLITZ. *Gesellschaft der Wissenschaften*. Lausitzisches Magazin, 80. Band, 1904.

WARD (Henry-A.). Willamette meteorite. Rochester, 1904; in-8° (12 p. et 3 pl.).

WILLIAMS (Walter). The State of Missouri. Columbia, 1904; in-8° (502 p.).

RIO DE JANEIRO, *Bibliotheca nacional*. Annaes, 1901-1902; in-8°.

BUENOS AYRES. *Museo nacional*. Anales, tomo III, 1904; in-8°.

FRANCE.

Janet (Charles). Études sur les fourmis, les guêpes et les abeilles. Rapports des animaux myrmécophiles avec les fourmis. Limoges, 1897; in-8° (99 p.).

— Sur les muscles des fourmis, des guêpes et des abeilles. Paris, 1895; extr. in-4° (4 p.).

— Essai sur la constitution morphologique de la tête de l'insecte. Paris, 1899; in-8° (74 p. et 7 pl.).

— Anatomie du gaster de la *Myrmica rubra*. Paris, 1902; in-8° (68 p. et 8 pl.).

— Observations sur les guêpes. Paris, 1903; in-8° (85 p.).

Chauveau (A.). « Animal thermostat ». Problèmes d'énergétique biologique soulevés par une note de lord Kelvin sur la régulation de la température des animaux à sang chaud. Paris, 1903; extr. in-4° (12 p.).

— L'énergie dépensée par le travail intérieur des muscles dans leurs divers modes de contraction. Paris, 1904; extr. in-4° (52 p.).

Forcrand (Hipp. de). Sur la possibilité des réactions chimiques. Paris, 1904; extr. in-4° (3 p.).

— Sur la prévision des réactions chimiques. Paris, 1904; extr. in-4° (4 p.).

PARIS. *Société zoologique*. Mémoires, tome XVI, 1903.

ANGERS. *Société industrielle*. Bulletin, 1903.

BORDEAUX. *Académie*. Actes, 1902.

CAEN. *Société linnéenne*. Bulletin, 1903.

DUNKERQUE. *Société des sciences*. Mémoires, 1904.

ITALIE.

MANTOUE. *R. Accademia Virgiliana*. Atti e memorie, 1903-1904.

BOLOGNE. *R. Accademia delle scienze*. Memorie, tomo IX, 1901-1902; in-4°.

MILAN. *R. Osservatorio*. Pubblicazioni, n° XL, parte 1 :
Al-Battani sive Albatennii opus astronomicum.

ROME. *R. Accademia dei Lincei*. Memorie, scienze fisiche,
volume IV, 1904. In-4°.

NAPLES. *R. Istituto d'incoraggiamento*. Atti, 5° série,
volume V, 1904; in-4°.

— *Accademia Pontaniana*. Atti, volume XXXIV, 1904.

AMSTERDAM. *Kon. zoologisch Genootschap*. Bijdragen tot
de dierkunde, 17° en 18° aflevering, 1893-1904. In-4°.

TACHKENT. *Observatoire*. Publications, n° 4 et 5, 1904.

BERNE. *Naturforschende Gesellschaft*. Mitteilungen, 1903.

— *Société helvétique des sciences naturelles*. Compte rendu
de la 86° session, 1903.

MADRID. *Almanaque nautico*, 1906.

— *Observatorio*. Observaciones meteorológicas, 1900-
1901.



ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1905. — N° 2

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 4 février 1905.

M. P. DE HEEN, directeur.

M. le chevalier EDM. MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. G. Dewalque, C. Malaise, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, M. Mourlon, P. Mansion, C. Le Paige, Léon Fredericq, J. Neuberg, A. Lancaster, Julien Fraipont, A. Jorissen, P. Francotte, Paul Pelseneer, *membres* ; M. Delacre, Aug. Lameere, Th. Durand et Max. Lohest, *correspondants*.

M. V. Masius, vice-directeur, et M. Louis Henry, membre, motivent leur absence.

Sur la proposition de M. le Secrétaire perpétuel, les félicitations de la Classe sont adressées à M. Durand au sujet de son 25^e anniversaire d'entrée en fonctions au Jardin botanique de l'Etat, à Bruxelles. (*Applaudissements.*)

CORRESPONDANCE.

La Classe prend notification de la mort de M. François Folie, membre de la Section des sciences mathématiques et physiques, né à Venloo le 11 décembre 1833, décédé à Liège le 29 janvier 1903.

M. le directeur de Heen s'est fait l'organe de la Classe aux funérailles, qui ont eu lieu à Liège le 31 janvier.

Des remerciements lui sont adressés à ce sujet. Son discours sera imprimé au *Bulletin*. (Voir ci-après.)

M. le Secrétaire perpétuel adressera à M^{me} veuve Folie les condoléances académiques.

— L'Académie royale des sciences de Turin annonce que le 31 décembre 1906 sera clos le concours qu'elle a ouvert, le 1^{er} janvier 1903, pour le XV^e prix Bressa, et auquel sont admis « les savants et les inventeurs de toutes les nations ». Ce prix, d'une valeur de 9,600 francs, sera attribué au savant qui en sera le plus digne, même s'il ne s'est pas présenté au concours, et qui, au jugement de l'Académie de Turin, aura « fait faire la découverte

la plus éclatante et la plus utile ou qui aura produit le livre le plus utile dans toutes les sciences ».

Pour plus amples renseignements, s'adresser à l'Académie de Turin.

— La Société de physique et d'histoire naturelle de Genève offre une prime de 500 francs (fondation de Candolle) pour la meilleure monographie inédite d'un genre ou d'une famille de plantes.

Pour plus amples renseignements, s'adresser à la Société précitée.

— M. le Ministre de l'Intérieur envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire : 1^o des *Archives de biologie*, publiées par MM. Éd. Van Beneden et Ch. Van Bambeke, 1^{er} fascicule du tome XXI; 2^o de la *Flora Batava*, alleveringen 345 tot 348. — Remerciements.

— M. le Secrétaire perpétuel présente l'*Annuaire* de l'Académie pour 1905, renfermant la note sur François Delbœuf par M. Alfred Gilkinet.

— Hommages d'ouvrages :

1^o M^{me} veuve A. Cornu offre cinq volumes qui contiennent toutes les communications imprimées qu'elle a pu réunir de son mari, ancien associé de la Classe et membre de l'Académie des sciences de l'Institut de France, décédé à Paris le 12 avril 1902 : *Oeuvres diverses concernant l'astronomie physique et la physique du globe, 1865-1901*;

2° *Notices sur des plantes de la flore du Congo*, II; par E. De Wildeman.

— Remerciements.

— La Classe renvoie à l'examen de M. Massau un manuscrit (nouveau moteur) de M. F. Fargenel, à Lafond (La Rochelle).

Discours prononcé aux funérailles de F. Folie, membre de la Classe; par P. De Heen, membre de l'Académie.

MESSIEURS,

Je viens, au nom de l'Académie, rendre un dernier hommage à notre savant confrère.

Folie fut l'un des membres les plus laborieux de la Classe des sciences, et s'il m'était possible de retracer ici cette vie déjà longue, ce serait celle d'un homme qui cherche toujours la vérité avec la plus parfaite honnêteté, avec le plus profond désintéressement.

Folie débuta dans la carrière scientifique par des recherches relatives à la mécanique.

Il publia, en 1865 et en 1867, une théorie nouvelle du mouvement d'un corps solide libre. Il présenta ce problème d'une manière remarquablement originale. Mais il reconnut plus tard que cette question avait été traitée d'une manière semblable par Poncelet.

Ces coïncidences sont fréquentes dans le domaine des

sciences; elles semblent démontrer, ainsi que cela résulte d'un travail récent, que lorsqu'une question est arrivée à un certain degré de son évolution, plusieurs esprits supérieurs la résolvent à peu près simultanément et d'une manière semblable.

Il est inutile de rappeler ici le fameux débat de priorité qui s'éleva entre Leibnitz et Newton, qui tous deux étaient arrivés indépendamment et simultanément au même résultat.

Cependant, vers 1872, nous voyons notre regretté confrère changer de direction et aborder des recherches de géométrie.

Il posa les fondements d'une géométrie supérieure cartésienne, où il généralise les théorèmes de Pascal en les étendant aux courbes et aux surfaces d'un degré supérieur.

Il rencontra l'extension des évolutions et, chose intéressante, sans s'en douter, il se rencontra de nouveau avec le célèbre mathématicien Poncelet dont nous avons parlé.

Dans le même ordre d'idées, il publia les éléments de la théorie des faisceaux et différentes recherches sur les courbes supérieures.

Nous avons omis de dire plus haut que, tout au début de sa carrière scientifique, Folie, à peine docteur en sciences, s'était senti vivement attiré par les sciences astronomiques. Il se rendit à Rome, où il travailla à l'Observatoire sous la direction du célèbre astronome Argelander et où il eut Kruger et Schünfeldt pour compagnons de travail.

Cette incursion dans le domaine de l'astronomie ne

fut pas longue, car, ainsi que nous l'avons vu, il ne tarda pas à publier ses remarquables recherches de mécanique et de géométrie.

Cependant il arrive fréquemment que les recherches qui ont occupé notre première jeunesse conservent pour nous un charme tout particulier. C'est ce qui arriva à Folie, et vers 1880 l'astronomie devient de nouveau la source de ses principales occupations.

Il aborda du reste une question qui se rattachait à ses premières recherches sur la mécanique; cette question était le problème complexe de la rotation de la Terre.

Il publia, en 1884, la théorie des mouvements diurnes annuels et séculaires de l'axe du monde; en 1888 parut son traité des réductions stellaires.

Les *Annales de l'Observatoire* de 1896 renferment son mémoire sur la revision des constantes de l'astronomie stellaire; en 1898 parut sa théorie du mouvement de rotation de l'écorce solide du Globe.

Le but de ces travaux fut d'analyser, d'une façon plus précise qu'on ne l'avait fait, les mouvements de la Terre et de déduire l'influence que ces mouvements pouvaient avoir sur la détermination des constantes fondamentales de l'astronomie.

Pour y arriver, Folie aborda l'examen d'un grand nombre de formules de réduction, et notamment celles qui sont employées pour la réduction de circompolaires.

Pendant cette longue période de vingt ans, Folie présentait à l'Académie un grand nombre de mémoires et de notes où il aborda les questions spéciales soulevées par sa théorie du mouvement de l'axe du monde.

Pour étayer sa théorie, Folie était arrivé à se faire une

idée spéciale de la constitution du globe terrestre. Il chercha à mettre son hypothèse en harmonie avec les opinions des géologues sur la constitution de la Terre.

Il discuta de nombreuses séries d'observations dues à Struve, à Linthague et à d'autres astronomes célèbres. Il voyait de plus en plus, dans la concordance des résultats, la confirmation de ses idées.

Ce fut là sa principale préoccupation jusqu'à son dernier jour. Il y a un mois à peine, notre cher et regretté confrère présentait encore une note à l'Académie sur les conséquences qu'il croyait pouvoir tirer d'expériences qu'il avait exécutées sur le pendule.

Cependant, les conclusions de son œuvre astronomique restent discutées; le temps seul permettra de savoir quels sont les points où Folie a saisi la vérité, particulièrement lorsqu'il examine les problèmes complexes qui se rattachent à l'étude des variations de latitude.

Folie a toujours poursuivi ses recherches avec ce courage et cette bonne foi qui appellent tous les éloges et qui commandent le respect.

Son excellent caractère et l'absence de rancune à l'égard de ceux qui l'ont combattu avec le plus de violence font de Folie un homme dont on doit admirer non seulement la science, mais encore les vertus, que l'on doit placer au-dessus du savoir.

Adieu, cher et excellent confrère! Adieu!

CONCOURS POUR LES ANNÉES 1905 ET 1906

ET

PRIX PERPÉTUELS.

PROGRAMME DU CONCOURS POUR 1905.

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

PREMIÈRE QUESTION.

Compléter par de nouvelles recherches nos connaissances sur les combinaisons formées par les corps halogènes entre eux (F, Cl, Br, I). — Prix : 4,000 francs.

DEUXIÈME QUESTION.

Compléter par de nouvelles recherches nos connaissances sur les phénomènes physiques, particulièrement les phénomènes thermiques, qui accompagnent la dissolution mutuelle des liquides, sans action chimique apparente les uns sur les autres. — Prix : 800 francs.

TROISIÈME QUESTION.

On demande une contribution importante à la théorie des complexes de droites du troisième ordre, par exemple l'étude des complexes représentés par une équation de la forme

$$\alpha\beta\gamma - K\alpha'\beta'\gamma' = 0,$$

où $\alpha = 0$, $\beta = 0$, ... sont les équations de complexes linéaires, K un paramètre. — Prix : 600 francs.

QUATRIÈME QUESTION.

Trouver, en hauteur et en azimut, les expressions des termes principaux des déviations périodiques de la verticale, dans l'hypothèse de la non-coïncidence des centres de gravité de l'écorce et du noyau terrestres. — Prix : 600 francs.

SCIENCES NATURELLES.

PREMIÈRE QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur le rôle physiologique des substances albuminoïdes dans la nutrition des animaux ou des végétaux. — Prix : 1,000 francs.

Exemples de questions qui pourraient être traitées par les concurrents :

Les albuminoïdes peuvent-ils se transformer en graisse dans l'organisme?

L'oxydation des albuminoïdes joue-t-elle un rôle dans la contraction musculaire ?

Les globulines et les albumines du sang ont-elles la même signification physiologique?

Quel rôle jouent les albuminoïdes dans la formation des graisses végétales ou des hydrates de carbone, etc.?

DEUXIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur la reproduction et la sexualité des Dicyémides. L'embryon infusoriforme est-il vraiment le mâle de ces parasites ? On désire voir établir un parallèle entre la génération des Rhombozoaires d'une part et celle des Protozoaires de l'autre. — Prix : 1,000 francs.

TROISIÈME QUESTION.

Décrire les silicates de notre pays, y compris ceux qui entrent dans la composition des roches. — Prix : 800 francs.

QUATRIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur les divers étages compris entre le Bruxellien et le Tongrien dans le Brabant. — Prix : 1,000 francs.

CINQUIÈME QUESTION.

Déterminer l'âge géologique des dépôts formés de sables, d'argile plastique et de cailloux de quartz blanc, assimilés dans la légende de la Carte géologique à l'échelle du 40 000^e à l'Oligocène et désignés par les notations Om et On. — Prix : 1,000 francs.

SIXIÈME QUESTION.

Il existe un assez grand nombre de végétaux dioïques (divers OEDOGONIUM, les Muscinées dioïques, etc.) chez lesquels un même œuf donne naissance, par suite de division,

à plusieurs individus. On demande des recherches expérimentales sur la question de savoir si ces individus sont toujours nécessairement de même sexe. — Prix : 1,000 francs.

SEPTIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur le développement de l'*Amphioxus*, spécialement sur la segmentation, la fermeture du blastopore, la genèse de la notochorde, du névraxe et du mésoblaste. On désire voir élucider la question de savoir si le chevauchement que l'on observe, chez l'adulte, entre les organes homodynames de droite et de gauche, est primitif ou secondaire. — Prix : 1,000 francs.

Les mémoires devront être inédits et écrits lisiblement. Ils pourront être rédigés en français ou en flamand et ils devront être adressés, franc de port, à M. le Secrétaire perpétuel, au Palais des Académies, avant le 1^{er} août 1905.

**DISPOSITIONS GÉNÉRALES
COMMUNES AUX CONCOURS ANNUELS DE LA CLASSE.**

Voir ci-après, page 70.

PROGRAMME DU CONCOURS POUR 1906.

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

PREMIÈRE QUESTION.

Faire l'exposé des recherches exécutées sur les phénomènes critiques en physique.

Compléter nos connaissances sur cette question par des recherches nouvelles. — Prix : 600 francs.

DEUXIÈME QUESTION.

On demande une contribution à l'étude algébrique et géométrique des formes n - linéaires, n étant plus grand que 3. — Prix : 600 francs.

TROISIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur la conductibilité calorifique des liquides et des dissolutions. — Prix : 600 fr.

QUATRIÈME QUESTION.

Faire l'historique et la critique des expériences sur l'induction unipolaire de Weber, et élucider, au moyen de nouvelles expériences, les lois et l'interprétation de ce fait physique. — Prix : 800 francs.

SCIENCES NATURELLES.

PREMIÈRE QUESTION.

On demande la revision de la série revinienne du massif cambrien de Stavelot en Belgique, au point de vue de sa division en trois étages, esquissée par Dumont.

Le mémoire devra être accompagné d'une carte au $\frac{1}{40\,000}$, indiquant les limites des étages; mais, comme les ressources de l'Académie n'en permettent pas la publication éventuelle, ces limites devront être indiquées dans le texte avec les indications nécessaires pour que le lecteur puisse les tracer sur la carte géologique actuelle. — Prix : 1,000 francs.

DEUXIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur le rôle des matières minérales dans l'assimilation du carbone et dans l'élaboration de la substance organique. — Prix : 1,000 francs.

TROISIÈME QUESTION.

On demande des recherches nouvelles sur le rôle de la pression osmotique dans les phénomènes de la vie animale. — Prix : 600 francs.

QUATRIÈME QUESTION.

On demande des recherches sur la tectonique du Brabant et des régions limitrophes. — Prix : 1,000 francs.

—

CINQUIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur les ferments solubles du lait. — Prix : 1,000 francs.

SIXIÈME QUESTION.

Étudier l'action physiologique des histones. — Prix : 1,000 francs.

Les mémoires devront être inédits et écrits lisiblement. Ils pourront être rédigés en français ou en flamand et ils devront être adressés, franc de port, à M. le Secrétaire perpétuel, au Palais des Académies, avant le 1^{er} août 1906.

**DISPOSITIONS GÉNÉRALES CONCERNANT
LES CONCOURS ANNUELS.**

L'Académie exige la plus grande exactitude dans les citations; les auteurs auront soin, par conséquent, d'indiquer les éditions et les pages des ouvrages cités. On n'admettra que des planches manuscrites ou photographiques.

Les auteurs ne mettront point leur nom à leur ouvrage; ils y inscriront seulement une devise, qu'ils reproduiront sur un pli cacheté renfermant leur nom et leur adresse; il est défendu de faire usage d'un pseudonyme. Faute de satisfaire à ces formalités, le prix ne pourra être accordé.

Les mémoires remis après le terme prescrit et ceux dont les auteurs se feront connaître, de quelque manière que ce soit, seront exclus du concours.

L'Académie croit devoir rappeler aux concurrents que

les mémoires soumis à son jugement sont et restent déposés dans ses archives. Toutefois, les auteurs peuvent en faire prendre copie, à leurs frais, en s'adressant à cet effet au Secrétaire perpétuel.

PRIX PERPÉTUELS.

PRIX ÉDOUARD MAILLY

POUR FAVORISER LES PROGRÈS DE L'ASTRONOMIE EN BELGIQUE.

(Quatrième période : 1904-1907.)

Fondation.

M. Édouard Mailly, en son vivant membre de la Classe des sciences de l'Académie, décédé à Saint-Josse-ten-Noode le 8 octobre 1891, avait inscrit la disposition suivante dans son testament :

« Je lègue à l'Académie royale de Belgique une somme de **10,000 francs**, pour fonder un prix à décerner au Belge qui aura fait faire quelque progrès à l'astronomie ou qui aura contribué à répandre le goût et la connaissance de cette science dans le pays. »

Ce legs a été accepté, pour l'Académie, par arrêté royal du 18 janvier 1892.

Règlement.

1. Il est institué, conformément aux vues du fondateur, un prix de **1,000 francs**, à décerner tous les quatre ans, sous le nom de **Prix Mailly**, par la Classe

des sciences de l'Académie, au savant belge ou naturalisé qui, dans cette période, aura fait faire quelque progrès à l'astronomie, ou aura contribué à répandre le goût et la connaissance de cette science dans le pays.

2. Si un ouvrage imprimé pendant cette période fait partie d'un travail dont le commencement a paru antérieurement, l'ensemble est admis au concours.

Toutefois, si une partie a déjà été couronnée antérieurement, elle ne pourra plus entrer en ligne de compte.

3. Pour les concurrents qui auront contribué à répandre le goût et la connaissance de l'astronomie, l'appréciation devra autant que possible être basée sur des documents publiés.

4. Le résultat du concours sera proclamé dans la séance publique de la Classe des sciences de l'Académie.

5. Si le prix n'a pas été décerné, la Classe pourra l'ajouter au capital ou majorer le prix de la période suivante, selon qu'elle le jugera utile.

6. Les commissaires chargés de faire rapport à la Classe seront nommés dans la première séance de janvier.

7. La quatrième période prendra fin le 31 décembre 1907.

Les ouvrages devront être adressés, franc de port, avant cette date, au Secrétaire perpétuel de l'Académie, au Palais des Académies, à Bruxelles.

PRIX LOUIS MELSENS

POUR LA CHIMIE OU LA PHYSIQUE APPLIQUÉES.

(Deuxième période : 1^{er} juillet 1904-30 juin 1907.)

Fondation.

Madame Melsens, veuve de M. Louis Melsens, en son vivant membre de la Classe des sciences de l'Académie, avait inscrit dans son testament les clauses suivantes :

« Voulant réaliser ce que je considère comme un devoir sacré et pour perpétuer, autant qu'il est en mon pouvoir, le souvenir de mon mari bien-aimé Louis-Henri-Frédéric Melsens, et donner à sa mémoire un dernier témoignage d'affection et de gratitude, je donne et lègue à l'État belge, libre de droits de succession :

» 1° Pour l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique, une somme de quinze mille francs, dont les intérêts accumulés seraient consacrés à la fondation d'un prix Melsens.

» Dans ma pensée, ce prix sera décerné tous les quatre ans à l'auteur belge qui aura soumis au jugement de l'Académie un ouvrage remarquable se rapportant à la chimie ou à la physique appliquées. »

Ce legs a été accepté, pour l'Académie, par arrêté royal du 26 mai 1900.

Règlement.

ARTICLE PREMIER. — Conformément aux intentions de la fondatrice, il est institué, sous la dénomination de *Prix Louis Melsens*, un prix à décerner par la Classe des sciences, tous les quatre ans, à l'ouvrage le plus remarquable se rapportant à la *chimie* ou à la *physique appliquées*.

ART. 2. — Sont seuls admis les travaux imprimés ou manuscrits, d'auteurs belges ou naturalisés, soumis au jugement de l'Académie.

ART. 3. — Ces travaux doivent être rédigés en français ou en flamand.

ART. 4. — Les travaux imprimés présentés pour un concours doivent avoir été publiés pendant la période quadriennale que comprend ce concours.

Si un ouvrage présenté, imprimé ou manuscrit, fait partie d'un travail dont le commencement a paru antérieurement, l'ensemble est admis au concours.

Toutefois, si une partie a déjà été couronnée, elle ne pourra plus être prise en considération.

ART. 5. — Le prix ne pourra pas être partagé.

Si le prix n'a pas été décerné, la Classe pourra en ajouter le montant au capital, ou majorer le prix de la période suivante, selon qu'elle le jugera utile.

ART. 6. — L'auteur d'un travail manuscrit présenté pour le concours peut se faire connaître ; sinon, il doit inscrire son nom dans un pli cacheté portant extérieurement une devise reproduite sur le manuscrit.

ART. 7. — Le prix attribué à un ouvrage manuscrit ne sera délivré à l'auteur que contre présentation d'un exemplaire imprimé de son travail.

ART. 8. — Le résultat du concours sera proclamé dans la séance publique de la Classe des sciences de l'Académie.

ART. 9. — Les périodes quadriennales commencent au 1^{er} juillet et finissent au 30 juin de la quatrième année suivante.

ART. 10. — Les ouvrages destinés au concours doivent être adressés, franc de port, à M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie, au Palais des Académies, avant la fin de chaque période.

Dispositions spéciales.

(Deuxième période : 1904-1907.)

ARTICLE PREMIER. — Cette période, commencée le 1^{er} juillet 1904, prendra fin le 30 juin 1907.

ART. 2. — La valeur du prix Louis Melsens est fixée pour cette période à 1,720 francs.

ART. 3. — Les travaux sur lesquels portera ce concours doivent être remis, franc de port, au secrétariat de l'Académie avant le 30 juin 1907.

RAPPORTS.

*La météorite d'Amana et la nouvelle communication de
M. le professeur Hinrichs.*

Rapport par M. G. Deaulque.

Dans sa séance de juillet 1875, la Classe a reçu de M. le professeur G. Hinrichs, de l'Université d'Iowa, États-Unis, une grosse météorite, du poids de 2.665 grammes, formant le n° 13 de la collection recueillie par lui de la chute remarquable qui avait eu lieu tout récemment dans le comté d'Iowa. Notre *Bulletin* se borne à mentionner des remerciements, la Classe exprimant le désir que des renseignements fussent demandés à M. Hinrichs au sujet de cette chute de météorites; c'est sans doute en réponse que M. Hinrichs envoya sa brochure *The Great Iowa Meteor*, New York, 1875. C'est la reproduction d'un article inséré dans *The popular Science Monthly*, septembre 1875. Il renferme des renseignements détaillés sur cette chute d'aérolithes, aussi remarquable par le nombre des pierres qui tombèrent dans le comté d'Iowa entre Amana-vor-der-Höhe et Boltonville, sur une région elliptique de 10 kilomètres de long sur 5 kilomètres de large, que par les phénomènes qui l'accompagnèrent. Le 12 février 1875, à 10 heures 20 minutes du soir, un des plus brillants météores des temps modernes illumina le ciel de l'État d'Iowa et d'une partie de ceux du Missouri, de

l'Illinois, du Wisconsin et du Minnesota; une grande région fut éclairée comme en plein jour. En même temps se firent entendre des bruits variés, suivant les régions, sur certaine partie de l'Jowa, des détonations terribles secouaient les maisons comme un tremblement de terre : le bolide s'était divisé en deux. Trois jours après, on trouva la première météorite. Cette découverte en amena beaucoup d'autres. M. Hinrichs en évalua alors le poids total à plus de 500 livres. Des nombreux spécimens qu'il recueillit, il en envoya treize à douze grands établissements scientifiques d'Amérique et d'Europe. Nous avons eu l'honneur d'en recevoir un, qui fut bientôt suivi de la notice ci-dessus.

Le nouvel envoi de notre savant collègue comprend d'abord un article tiré de *The Chaperone*, septembre 1891, et intitulé : *A celestial Messenger*. C'est un article de vulgarisation, reproduisant les renseignements donnés en 1875, en ajoutant quelques autres et renfermant, outre le dessin d'une section mince, vue au microscope par W. v. Guembel, qui l'a déterminée comme Chondrite, deux documents importants : l'un est la carte de la région illuminée par ce bolide, avec trajectoire; l'autre représente la région des chutes. On y voit les sept villes de la colonie Amana et la limite méridionale de leur territoire. Six d'entre elles contiennent le nom Amana; la septième est Homestead, la station du chemin de fer où s'établirent les collectionneurs et par le nom de laquelle ils désignèrent ces météorites, bien qu'elle soit tout à fait en dehors du champ des chutes et que les météorites les plus volumineuses soient tombées de l'autre côté, vers Hôhe Amana.

Au début, M. Hinrichs désigna ces aérolithes sous le nom de *Jowa County meteorites*, suivant la coutume la plus commune en Amérique. Puis, comme la désignation complète (*Jowa Township, Jowa County, State of Jowa*) était peu pratique, surtout pour l'étranger, il adopta dans sa correspondance le nom d'Amana, lieu de la chute, conformément à la méthode européenne. Ce nom fut bientôt publié dans une communication présentée par Daubrée à l'Académie des sciences de Paris, en 1875 (1), et adopté par Tschermak en 1877 (2).

Des catalogues des marchands, l'erreur se répandit chez les géologues, et l'auteur eut le regret de voir plusieurs des beaux spécimens qu'il avait donnés aux grands musées d'Europe, déparés par les indications erronées que nous venons de rapporter. Il réclame surtout contre l'inexactitude des autres dénominations. Comme il se propose de publier, avant février 1905, trentième anniversaire de cette chute, un catalogue historique et descriptif de toutes ces météorites, il désire avoir la liste de tous les spécimens qui se trouvent dans les collections du monde entier.

Pour ce qui concerne la Belgique, nous n'avons que le spécimen du poids de 2.663 grammes que M. Hinrichs a bien voulu nous donner en 1875 et un fragment de 21 grammes à l'Université de Liège.

M. le professeur G. Hinrichs a joint à son envoi

(1) *Comptes rendus*, t. LXXXI, p. 1025. Voir aussi t. CXVIII, pp. 1418-1420.

(2) *Miner. Mittheil.*, 1877, pp. 309-310.

le *First Course of Microchemical Analysis, with Atlas*, Saint-Louis, publié à l'occasion du septante-cinquième anniversaire de la fondation de l'Université de cette ville par M. Carl G. Hinrichs, *instructor* de chimie au département médical de cette Université : il commence par une *Introduction to Cristallographical Chemistry* due à M. Hinrichs père : elle nous a paru fort suggestive.

Consulté sur la destination à donner à sa météorite de 1875, M. Hinrichs a manifesté le désir qu'elle fût déposée au Musée royal d'histoire naturelle. Il n'y a pas de doute que l'Académie en décide ainsi.

Tout le contenu de la lettre de ce savant est incorporé dans le présent rapport. Comme il a demandé à être renseigné sur le sort de son envoi antérieur pour l'ouvrage qu'il prépare et qui doit paraître avant le 12 février prochain, il a déjà été informé exactement par M. le Secrétaire perpétuel. Nous désirerions pourtant que ce rapport lui fût communiqué en épreuves aussitôt que possible. — Adopté.

*Des modifications de la coagulation du sang chez le chien
après extirpation du foie ; par P. Nolf.*

Rapport de M. Léon Fredericq, premier commissaire.

« L'auteur constate que si l'on a soin de pratiquer l'extirpation du foie (avec anastomose artificielle entre la veine porte et l'oreillette droite) chez des chiens nourris de viande (ou recevant une injection de propeptone), le

sang présente une diminution marquée de sa coagulation, puis de la fibrinolyse. On constate la formation d'une fibrinolysine sécrétée par la paroi vasculaire et par les leucocytes et, secondairement, la disparition du fibrinogène sous l'action de la paroi vasculaire.

L'auteur admet que le fibrinogène est normalement sécrété par le foie et qu'il est consommé par la paroi vasculaire et les leucocytes.

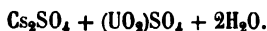
Je propose d'insérer l'intéressante notice de M. Nolf dans le *Bulletin* de la séance. »

M. Masius, second commissaire, déclare se rallier aux conclusions du premier rapporteur, lesquelles sont adoptées par la Classe.

Sur un sulfate double de césium et d'uranyle;
par W. Oechsner de Coninck.

Rapport de M. W. Spring.

« M. Oechsner fait connaître un sulfate double de césium et d'uranyle nouveau, dont la formule est



Je propose l'insertion de cette courte note dans le *Bulletin* de la séance. » — Adopté.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Des modifications de la coagulation du sang chez le chien après extirpation du foie; par P. Nolf.

Le but de la présente note est de résumer les principales données d'une longue série de recherches destinées à étudier l'influence que peut exercer l'extirpation du foie sur la coagulabilité du sang. Les expériences furent exclusivement faites sur des chiens. Elles furent entreprises après la lecture d'une courte note de Doyon et Kareff (1), dans laquelle fut communiqué le résultat d'une expérience unique du même genre.

Les auteurs français purent observer que l'extirpation du foie chez l'animal dont ils relatent le cas, produisit rapidement l'incoagulabilité complète du sang.

Cette incoagulabilité était de nature telle, que ni l'adjonction de fibrin-ferment ni celle d'extraits d'organes n'en avaient raison.

J'ai publié antérieurement (2) le résultat d'expériences dans lesquelles des chiens dont l'aorte et la veine cave inférieure avaient été pincées dans le thorax, recevaient une injection de propeptone dans la jugulaire externe.

(1) DOYON et KAREFF, *Effet de l'ablation du foie sur la coagulabilité du sang*. (COMPTES RENDUS DE LA SOC. DE BIOL., 1904, t. LVI, pp. 612-613.)

(2) NOLF, *De la nature de l'hypoleucocytose propeptonique du chien*. (ARCHIVES INTERN. DE PHYSIOL., 1904, t. I, pp. 242-260.)

A la suite de cette administration, leur sang conservait bien sa coagulabilité, mais le caillot obtenu subissait secondairement une fonte rapide, une autolyse complète.

Ces résultats, rapprochés d'autres fournis au cours d'expériences réalisées sur le foie isolé, m'avaient amené à faire jouer à cet organe un rôle considérable dans la régulation des conditions nécessaires à l'obtention d'une coagulation normale du sang. D'autre part, les faits acquis au cours de ces essais semblaient, par leur complexité, devoir se plier difficilement aux exigences de la théorie classique de la coagulation du sang.

En raison de ces circonstances, il était très intéressant de reprendre l'expérience de Doyon et Kareff, et d'analyser le mieux possible les modifications de la coagulation du sang qu'elle produit.

L'extirpation du foie chez les mammifères est une opération malaisée, en raison du rétablissement nécessaire de la circulation portale. Quand l'ablation est complète, elle entraîne rapidement la mort.

Aussi est-ce la règle que le sang des animaux opérés n'a pas subi, avant le décès de l'animal, des modifications de sa coagulabilité assez nettes pour attirer l'attention de l'opérateur. C'est pour cette raison que le phénomène observé par Doyon et Kareff a pu échapper aux physiologistes qui avaient antérieurement fait subir au chien la même mutilation.

Il était donc important de commencer par étudier de façon plus précise le déterminisme du phénomène, les conditions favorables à son obtention.

Après de nombreux essais, j'ai pu établir de façon certaine l'action prépondérante de deux facteurs, auxquels s'ajoute l'effet favorisant probable d'un troisième.

Des deux facteurs essentiels, le plus important est l'état de nutrition de l'animal. Jamais je n'ai observé de modification nette de la coagulabilité du sang après extirpation du foie chez des animaux à jeun depuis deux jours. Tous mes résultats positifs furent obtenus sur des chiens qui avaient été copieusement nourris de viande pendant les jours précédant l'expérience. Il semble que les conditions optimales soient réalisées par un régime préparatoire de trois ou quatre jours au moins, pendant lesquels l'animal reçoit à satiété des déchets de boucherie, l'opération étant faite elle-même au milieu d'une digestion carnée.

L'effet du régime carné est très heureusement accentué par l'établissement d'une stase veineuse prolongée dans l'intestin. Quand on extirpe le foie à un chien, on peut établir l'anastomose veineuse destinée à permettre l'écoulement du sang portal, tout au début de l'opération, ou bien seulement après avoir procédé à l'exérèse de la glande hépatique. Dans ce dernier cas, il se produit nécessairement une stagnation plus ou moins prolongée du sang dans la veine porte. Cette stase veineuse est très utile à l'obtention de l'incoagulabilité du sang.

Enfin, il m'a semblé que les soustractions sanguines un peu copieuses, faites après l'extirpation du foie, favorisaient aussi, mais dans une mesure beaucoup moindre, la production du phénomène.

Quand l'expérience est réussie, le résultat est bien celui qu'ont obtenu Doyon et Kareff. On peut recueillir, quelques minutes après l'opération, un sang qui fournit, après un temps plus ou moins long, un caillot mou, d'ordinaire complet. Plus tard, la coagulation devient de plus en plus lente et incomplète, et finit par se

réduire, à la mort de l'animal, à la production de quelques filaments.

Mais, phénomène important et réellement caractéristique, tous les caillots obtenus, complets ou incomplets, subissent ultérieurement la fibrinolyse, c'est-à-dire qu'ils disparaissent, par suite de la fonte si complète, si caractéristique que j'avais obtenue après l'injection intraveineuse de propeptone à des chiens dont l'aorte et la veine cave inférieure avaient été obturées.

Cette analogie de propriétés était de nature à faire espérer que les transformations du sang qui s'établissent spontanément chez les animaux qui ont subi le régime alimentaire préparatoire dont il a été question, pourrait bien être de même nature que celles que produit chez tout chien privé de son foie l'injection intraveineuse de propeptone.

C'est ce que l'on observe effectivement. Un animal à jeun depuis deux jours, chez lequel l'extirpation du foie ne produit aucune modification nette de la coagulabilité du sang, se comportera aussi bien et mieux qu'un animal nourri de viande, si, après l'ablation de la glande, on lui fait une injection intraveineuse de 0.20 à 1 gramme de peptone de Witte par kilogramme.

Chez lui aussi, immédiatement après l'injection, le sang fournira un caillot, qui se dissoudra ultérieurement. Chez lui aussi, le sang perdra lentement sa coagulabilité, qui ne se manifestera plus, peu de temps avant la mort, que par la production de quelques filaments de fibrine, destinés à une rapide disparition. Chez les deux catégories d'animaux, la fibrinolyse peut être plus ou moins rapide; elle nécessite, pour être complète, quelques minutes, quelques heures ou même un ou deux jours.

Cette première constatation est importante en ce qu'elle constitue un argument en faveur de l'opinion d'après laquelle, au cours de la digestion d'un repas carné, l'épithélium intestinal laisserait passer de petites quantités de propeptones et de peptones, qui pénétreraient dans le sang et viendraient agir sur les leucocytes et sur la paroi vasculaire.

L'analogie entre les modifications produites par le régime carné et celles que provoque l'injection intraveineuse de propeptone est plus complète. Au moment où le sang de l'animal privé de son foie et injecté de peptone (ou nourri de viande) fournit encore un caillot, on peut s'opposer plus ou moins complètement à la dissolution ultérieure de ce caillot par l'adjonction au sang d'un certain liquide. Ce liquide, c'est le plasma de sang propeptoné, c'est-à-dire le plasma incoagulable fourni par un chien muni de son foie, auquel on a fait une injection intravaineuse brusque de peptone. (Ce plasma est chauffé à 56° pour le débarrasser de son fibrinogène.) On sait que le plasma propeptonique mélangé au sang normal s'oppose très énergiquement à sa coagulation. Il agit de même sur les humeurs des chiens privés de leur foie. Aussi, pour obtenir l'effet antifibrinolytique, faut-il employer des doses très faibles, que l'on mélange intimement au sang fluide à la sortie du vaisseau.

Dans ces conditions, le caillot obtenu montre toujours beaucoup moins de tendance à la fibrinolyse que le caillot fourni par le sang pur. Il peut ne pas se redissoudre du tout ; quand il se redissout, il le fait plus tardivement et plus incomplètement.

Cette constatation confirme l'opinion émise par moi que le produit appelé antithrombine hépatique est l'anta-

goniste de la substance qui, incorporée au caillot, produit l'autolyse de celui-ci.

Par l'adjonction au sang fibrinolytique de plasma hépatique, on obtient donc le même résultat que celui que j'avais obtenu précédemment chez des chiens à aorte fermée (injectés de propeptone), chez lesquels, après désocclusion, la fibrinolyse du sang disparaissait. On pourrait conclure de cette expérience que ce qui caractérise essentiellement le sang des animaux privés de foie, c'est l'absence de l'antithrombine hépatique. Après adjonction de cette substance en quantité déterminée, le sang serait à nouveau en possession de tous les éléments nécessaires à une coagulation normale.

Seulement le fait que, dans la plupart des cas, le plasma propeptoné ajouté au sang avant coagulation retarde seulement la fibrinolyse sans l'empêcher, tend à prouver que la fibrinolyse du caillot n'est pas imputable uniquement à un déficit d'antithrombine.

Si, au moment où le sang fournit un caillot éphémère, on recueille un échantillon dans une éprouvette contenant la quantité voulue de fluorure de sodium ou d'oxalate pour empêcher la prise en caillot, que l'on centrifuge de façon à obtenir du plasma, et que l'on soumette ce plasma à la température de 56°, on obtient régulièrement un précipité de fibrinogène coagulé. Mais en comparant ce précipité à celui que fournit la même quantité de plasma prélevé à l'animal avant l'extirpation du foie, on observe le plus souvent que la quantité de fibrinogène contenue dans le sang fibrinolytique est moindre.

L'extirpation du foie entraîne donc rapidement deux effets : un appauvrissement du sang en antithrombine, une diminution de la teneur en fibrinogène.

Quelle est la cause de ce second phénomène? Est-il la conséquence du premier? C'est ce que pourrait faire croire l'évolution ultérieure des faits. Il a été dit plus haut que le sang des animaux (injectés de propeptone ou nourris de viande) devient de plus en plus inapte à la coagulation, et qu'au moment de la mort, celle-ci est le plus souvent réduite à la production de quelques filaments qui se redissolvent très tôt.

Or, le plasma de ce sang ne fournit plus à 56° qu'un louche, qu'une opalescence : il ne contient plus que des traces de fibrinogène.

A quel mécanisme est due cette disparition du fibrinogène? On songe tout d'abord à une fibrinolyse *in vivo*. L'hypothèse est d'autant plus séduisante que la fibrinolyse *in vitro* aboutit à la disparition du fibrinogène. Quand on centrifuge un sang redevenu fluide par fibrinolyse, et que l'on chauffe à 56° le sérum surnageant les globules, on constate régulièrement que ce liquide reste complètement limpide. Le même sang, oxalaté avant coagulation, a donné un plasma qui se troublait à 56°. Si la fibrinolyse aboutit à une transformation telle de la fibrine, que le sérum du sang où elle s'est produite et redissoute ne coagule plus à 56°, on peut parfaitement admettre que la même fibrinolyse a pu s'effectuer dans le sang vivant avant coagulation, par suite de l'accumulation dans ce sang de la fibrinolysine. Dès lors, le mécanisme de l'incoagulabilité du sang chez le chien privé de son foie et injecté de propeptone devient facile à comprendre. L'injection produit une sécrétion abondante de fibrinolysine par l'endothélium vasculaire et les leucocytes, la réserve d'antithrombine contenue dans le sang est insuffisante à la neutralisation de l'excès de fibrino-

lysine et le fibrinogène est lentement transformé par celle-ci, de façon à perdre et sa coagulabilité naturelle et sa coagulabilité à 56° (dans le sérum).

Cette hypothèse séduisante n'est cependant pas exacte. Voici comment on le démontre :

Un chien privé de son foie reçoit une injection de propeptone. Après cinq minutes, on lui prend un échantillon de sang. Immédiatement après, on isole entre deux ligatures un segment aussi long que possible des deux jugulaires externes, qui avaient été préparées au préalable. On abandonne l'animal jusqu'à la mort. Pendant l'agonie, le sang prélevé se comporte comme il a été dit plus haut, c'est-à-dire qu'il fournit quelques minces filaments, tôt redissous. Le plasma oxalaté ne contient plus que des traces de fibrinogène. Au contraire, le sang prélevé immédiatement après l'injection de propeptone donnait à 56° une floculation nette de fibrinogène, il a fourni un caillot d'apparence normale, qui s'autolyse ultérieurement. Comment se comporte le sang contenu dans les veines que l'on vide après la mort de l'animal? Si la disparition du fibrinogène dans la circulation générale est la conséquence d'une fibrinolyse intravasculaire, celle-ci s'est accomplie dans les veines isolées comme dans les autres vaisseaux, et le sang retiré des jugulaires doit se comporter comme le sang agonique. D'habitude, le sang contenu dans les veines est coagulé plus ou moins complètement à l'intérieur de celles-ci. Quand il est fluide, il fournit, après avoir été transvasé de la veine dans une éprouvette, un caillot complet qui n'est en rien inférieur à celui du sang recueilli immédiatement après l'injection. Souvent il lui est même supérieur, c'est-à-dire qu'il ne subit pas la fibrinolyse ou la subit à un degré moindre. Loin donc

d'avoir diminué sa coagulabilité, le sang enfermé dans la veine l'a exagérée (1).

Il faut donc bien conclure que la disparition du fibrinogène dans la grande circulation n'est pas due à une fibrinolyse vitale. Il se peut que ce facteur intervienne pour une part, mais il est en tout cas insuffisant pour produire à lui seul la rapide consommation du fibrinogène.

Il est extrêmement intéressant de provoquer ainsi en une expérience, dont la durée ne dépasse d'habitude pas deux heures, la disparition presque totale d'une des substances albuminoïdes les plus caractéristiques du plasma sanguin.

Après avoir démontré que la disparition du fibrinogène n'est pas la conséquence d'une transformation dans le milieu sanguin, on est en droit de tirer une première conclusion : Si, dans les conditions de l'expérience, le fibrinogène disparaît, c'est qu'il n'est plus déversé dans le sang à mesure de sa consommation, c'est donc que la production est supprimée. Or, comme l'organisme du chien opéré peut être considéré comme fonctionnant dans toutes les parties qui lui ont été laissées, il faut bien admettre que le seul organe enlevé, le foie, est l'organe producteur du fibrinogène.

Cette conclusion est corroborée par des résultats expérimentaux obtenus au cours d'une série d'essais indépendants de ceux-ci. Après avoir lavé complètement au liquide physiologique des foies vivants de lapin et de

(1) Cette augmentation de la coagulabilité est probablement due à une altération des globules rouges.

chien, je pus provoquer différentes fois une véritable sécrétion de fibrinogène par ces glandes, en injectant dans les vaisseaux hépatiques différents liquides. Chez le lapin, l'injection du sérum sanguin fut efficace; chez le chien, j'obtins un résultat positif avec une solution d'une nucléoprotéide extraite des leucocytes, une autre fois avec une macération filtrée de rate de chien. Ces différents liquides, absolument incoagulables par eux-mêmes, injectés dans le foie complètement lavé et vivant, et retirés après deux minutes, présentèrent une vraie coagulation, avec un caillot en voile typique. Encore trop peu nombreuses pour permettre des déductions circonstanciées sur la production du fibrinogène par le foie, ces expériences mettent en tout cas hors de doute cette sécrétion. Quand on rapproche leurs données de celles que fournit l'étude du sang après extirpation du foie, on est amené à conclure que le foie est producteur de fibrinogène, et qu'il est très probablement le seul producteur.

Ceci est la première face du phénomène observé chez les chiens privés de leur glande hépatique.

La seconde, c'est la rapidité de disparition, de consommation, dans certaines conditions, du fibrinogène existant dans le sang. Après l'extirpation simple du foie chez des animaux à jeun, les altérations du sang sont, comme il a été dit, très peu nettes. Le caillot obtenu est normal dans son aspect, avec une tendance à se rétracter. Il ressemble à celui d'un sang dilué.

L'injection de propeptone transforme les propriétés du sang et de la paroi vasculaire. Dans le sang, elle influence les leucocytes, elle fait apparaître un excédent de fibrinolysine; du côté des vaisseaux, elle produit une

réaction vive de la paroi vasculaire qui se manifeste par la sécrétion de la fibrinolysine, l'hypoleucocytose, la chute de pression artérielle (1).

La présence dans le sang d'un excès de fibrinolysine n'est pas suffisante pour expliquer la disparition du fibrinogène.

Peut-on rattacher celle-ci aux transformations de la paroi vasculaire? Je serais tenté de le croire. Cette explication rendrait également compte de l'action favorisante très nette que joue la stase veineuse prolongée dans la veine porte.

Sans entrer dans de longs développements, je crois utile d'exposer dès maintenant la façon dont on peut concevoir ces phénomènes. J'ai démontré antérieurement (2) qu'il existe une espèce d'antagonisme entre les leucocytes et la paroi vasculaire d'une part, le foie de l'autre. Sous l'influence de tous les produits agissant à la façon de la propeptone, les leucocytes et la paroi vasculaire sécrètent une substance qui prend part à la constitution de la fibrine et que j'ai dénommée provisoirement fibrinolysine. Quand cette substance s'accumule dans le sang, le foie réagit par la sécrétion d'un antagoniste, l'antithrombine, que je préfère appeler dès maintenant hépatothrombine. En même temps, le foie sécrète du fibrinogène. Toute accumulation de fibrinolysine appelle donc une sécrétion d'hépatothrombine et de fibrinogène. Cette sécrétion est précédée, comme le prouvent des expé-

(1) P. NOLF, *De la nature de l'hypoleucocytose propeptonique.*

(2) P. NOLF, *Contribution à l'étude de l'immunité propeptonique du chien* (deuxième mémoire). (ARCH. INTERN. DE PHYSIOL., 1904, t. II pp. 1-11.)

riences inédites, d'une fixation par le foie d'une partie de la fibrinolysine.

Fibrinolysine et hépatothrombine sont antagonistes. De même que l'accumulation de la première dans le sang aboutit à une fixation partielle de la fibrinolysine dans l'organe producteur de l'antagoniste, suivie d'une sécrétion de l'antagoniste, de même toute accumulation de cette dernière, l'hépatothrombine, amènera très probablement le phénomène inverse, c'est-à-dire la fixation sur les producteurs de la fibrinolysine d'une partie de l'hépatothrombine déversée en excès. L'hépatothrombine sera donc fixée partiellement par l'endothélium vasculaire et les leucocytes. Et cette fixation amènera une fixation secondaire de fibrinogène.

Il s'établirait ainsi entre le foie et la paroi des capillaires sanguins un échange continu de substance, réglé par le mécanisme précité. De cette réciprocité d'action et de réaction résulterait en partie la régulation de la composition du sang en albuminoïdes.

D'autre part, les phénomènes de coagulation seraient avant tout conditionnés par les rapports de quantité existant entre la fibrinolysine et l'hépatothrombine. Ce que l'on appelle fibrin-ferment serait le complexe assez instable provenant de l'union, en proportions définies, de ces deux substances. Suivant l'abondance plus ou moins grande de l'une ou de l'autre, le complexe changerait de propriétés et fournirait ou un caillot fibrinolytique (excès de fibrinolysine), ou un caillot normal, ou pas de caillot (excès d'hépatothrombine). On voit que, considérée de cette façon, la coagulation du sang devient très semblable aux phénomènes, tant étudiés dans ces derniers temps, de l'hémolyse par les sérums. Il y a des arguments très sérieux tendant à démontrer que l'hémolyse est le résul-

tat d'une coagulation, et que dans la coagulation ordinaire, l'essence des phénomènes est identique jusque dans ses moindres détails à ceux de l'hémolyse. Les leucocytes et l'endothélium vasculaire prennent la place des globules rouges, l'hépatothrombine, celle de la sensibilisatrice, et le fibrinogène, celle de l'alexine. Fibrinogène et alexine ne sont qu'une seule et même substance ou des substances du même groupe.

Mes expériences m'ont encore donné un résultat très intéressant à un autre point de vue.

Dans des travaux qui eurent un grand retentissement, Hahn, Massen, Nencki et Pawlow relatèrent le sort de chiens auxquels avait été pratiquée la fistule d'Eck, c'est-à-dire l'abouchement de la veine porte dans la veine cave inférieure.

Ces chiens maintenus en vie présentaient une santé parfaite, à condition qu'on leur fournit une nourriture végétarienne. L'administration de viande en plus ou moins grande abondance provoquait chez eux l'éclosion d'accidents nerveux le plus souvent mortels, caractérisés essentiellement par des attaques d'éclampsie violente. Les auteurs russes attribuèrent cette intoxication à l'accumulation dans le sang de l'ammoniaque provenant du tube digestif et transformé trop lentement par le foie en urée.

Les mêmes expériences ont été reprises par toute une série de physiologistes avec des résultats inconstants. Récemment Biedl et Winterberg, ensuite Rothberger et Winterberg ont démontré que la pathogénie des accidents admise par les auteurs russes est inexacte et que l'ammoniaque du sang n'a rien à y voir. Leur conclusion est que nous sommes dans l'ignorance la plus complète au sujet du mécanisme intime des convulsions. Tout ce

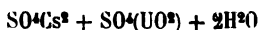
que l'on peut en dire, c'est qu'elles sont bien en rapport avec l'alimentation animalisée.

J'ai pu observer moi-même ces convulsions chez mes chiens privés de leur foie. Chose remarquable, elles se produisirent chez ceux où l'ingestion abondante de viande ou l'injection de propeptone avaient produit les altérations du sang précédemment décrites. Et elles se produisirent au moment où ces altérations étaient revenues très nettes. Il y a donc lieu de supposer qu'il y a un rapport de cause à effet entre les altérations caractéristiques du sang et les accidents nerveux. Je me réserve de revenir prochainement sur ce point.

—

Sur un sulfate double de césium et d'uranyle ()*; par le
Dr W. Oechsner de Coninck, professeur à l'Université
de Montpellier.

J'ai préparé un sulfate double de césium et d'uranyle



en faisant cristalliser ensemble dans l'eau des molécules égales de sulfate neutre de césium et de sulfate d'uranyle. Ce sel ressemble beaucoup au sel de potassium, récemment décrit, et possède la même teneur en eau de cristallisation.

N'ayant pu avoir à ma disposition du bisulfate de césium, je n'ai pu employer l'élégante méthode de M. Spring, qui m'avait servi à préparer les sels doubles de sodium et de potassium.

(*) Institut de chimie générale de l'Université.



OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Archives de biologie (Éd. Van Beneden et Ch. Van Bambeke), t. XXI, fascicule 1, 1904.

De Wildeman (Émile). Notices sur des plantes utiles ou intéressantes de la flore du Congo. II. Bruxelles, 1904; in-8°.

Demoor (Jean). Les variations de la pression osmotique des cellules hépatiques étudiées par la méthode pléthysmographique. Bruxelles, 1904; extr. in-8° (2 p. et fig.).

Ministère des Travaux publics. Diagrammes des variations de niveau de la mer observées à Ostende pendant l'année 1903. Bruxelles, 1904; in-folio.

ALLEMAGNE ET AUTRICHE-HONGRIE.

Kernler (Franz). Die Ermittlung des richtigen Elektrodynamischen Elementargesetzes auf Grund allgemein anerkannter Thatsachen und auf dem Wege einfacher Anschauung. Budapest, 1903; in-8° (29 p.).

Winkler (Clemens). Radioactivity and matter. Translated by G. Hinrichs. Saint-Louis, 1903; extr. in-8° (3 p.).

Goppelsroeder (Friedrich). Studien über die Anwendung der Capillaranalyse. Bâle, 1904; in-8° (200 p. et tableaux).

VIENNE. *Zoologisch-botanische Gesellschaft*. Verhandlungen. Jahrgang 1904.

FRANCE.

Cornu (A.). Oeuvres diverses concernant l'astronomie physique et la physique du globe. 1863-1901; 3 vol. in-4° et 2 vol. in-8°.

Albert 1^{er}, prince de Monaco (S. A. S.). Résultats des campagnes scientifiques accomplies par son yacht. Fascicule XXVIII : Méduses provenant des campagnes des yachts Hirondelle et Princesse-Alice, par Otto Maas. Monaco, 1904; in-4°.

PARIS. *Observatoire.* Sept grandes planches d'agrandissement lunaire. 1904.

Harvey Pirie (J. H.) et Rudmose Brown (R. N.). The scottish national antarctic expedition. Second antarctic voyage of the « Scotia ». Édimbourg, 1904; in-8° (14 p. et 1 carte).

LIVERPOOL. *Biological Society.* Proceedings and transactions, vol. XVIII, 1904.

LONDRES *Royal Society.* Pearl oyster fisheries of the Gulf of Manaar (W. Herdman), part 2. 1904; in-4°.

— *Museum of practical Geology.* A handbook to a collection of the minerals of the British Islands (F. W. Budler). 1905.

— The Nautical Almanac for 1908.

Piolti (Gius.). Sull'aplite di cesana Torinese. Turin, 1905; extr. in-8° (11 p., 1 pl.).

Sacco (Fred.). I molluschi dei terreni terziarii del Piemonte e della Liguria. Considerazioni generali. Indici generale dell'opera. Turin, 1904; in-4° (1-xxxvi p.).

Pennacchietti (G.). Sopra una classe di problemi di meccanica riducibili a quadrature. Catane, 1904; extr. in-4° (16 p.).

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1905. — N° 3

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 4 mars 1905.

M. P. DE HEEN, directeur.

M. le chevalier EDM. MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. J.-B.-V. Masius, *vice-directeur* ;
Éd. Van Beneden, C. Malaise, Ch. Van Bambeke, Alfr.
Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis
Henry, M. Mourlon, P. Mansion, C. Le Paige, J. Deruyts,
Léon Fredericq, J. Neuberg, A. Lancaster, L. Errera,
Julien Fraipont, A. Jorissen, P. Francotte, Paul Pelse-
neer, *membres* ; M. Delacre, G. Cesàro, Aug. Lameere,
F. Swarts et Max. Lohest, *correspondants*.

M. De Heen invite M. Masius, élu directeur pour 1906, à venir prendre place au bureau.

M. Masius remercie la Classe de la marque de bienveillance dont il a été l'objet; il compte, ajoute-t-il, sur le concours amical de ses confrères pour remplir son mandat et ajoute qu'il n'a plus besoin d'assurer la Classe de son dévouement.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Intérieur envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire du tome XXI de *La Cellule*, recueil de cytologie et d'histologie, par J.-B. Carnoy et G. Gilson. — Remerciements.

— Le Comité organisateur du cinquième Congrès international ornithologique annonce qu'il tiendra sa session à Londres du 12 au 17 juin prochain.

Il envoie en même temps le programme des séances.

— La Classe renvoie à M. Terby une note de M. Thomas Bruno, de Louvain, sur la *Nature des canaux qui sillonnent la planète Mars*.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Catalogues des météorites conservées dans les collections belges*; par G. Dewalque (avec une note bibliographique de l'auteur, qui figure ci-après);

2° a) *Une anomalie très intéressante concernant le développement d'un œuf de mammifère*; b) *Démonstration d'un œuf double monstrueux fécondé de mammifère*; par le Dr O. Vander Stricht;

3° *Nouvelle théorie des machines électriques à influence*; par V. Schaeffers;

4° *Fossiles de Patagonie. Dentition de quelques mammifères*; par Albert Gaudry, associé de l'Académie;

5° *Termokemiske Undersogelsers*; par Julius Thomsen, associé de l'Académie;

6° *Application nouvelle des invariants intégraux*, 1^{re} et 2^e notes; par Th. De Donder;

7° a) *The Amana meteorites of February 12, 1875, 16 plates*; b) *The proximate constituents of the chemical elements*; par G. Hinrichs, de Saint-Louis (E.-U. d'A.).

— Remerciements.

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE.

Les météorites dans les collections belges;

par G. Dewalque.

A l'occasion de la météorite d'Amana, gracieusement offerte à l'Académie par M. le professeur G. Hinrichs, j'ai pu constater que les météorites renfermées dans nos collections ne sont renseignées dans aucun catalogue. Pour combler cette lacune, j'ai donné à la Société géologique de Belgique le *Catalogue des météorites conservées*

dans les collections belges. J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie un exemplaire de ce petit travail.

En résumé, nous avons des spécimens de vingt-sept chutes, répartis dans quarante-quatre collections, parmi lesquelles celle de l'Université de Liège en possède vingt-sept, dont un spécimen d'Amana. Nous avons des échantillons de quinze fers météoriques, dont douze se trouvent à Liège, et un de fer natif nickélifère, aussi à Liège.

RAPPORT.

A. *Quelques données sur l'acide sélénique*; par M. Oechsner de Coninck; B. *Sur un sulfate double de lithium et d'uranyle*; par MM. Oechsner de Coninck et Chauvenet.

Rapport de M. W. Spring.

« M. W. Oechsner de Coninck a déterminé la densité de l'acide sélénique ainsi que la densité de ses solutions dans l'eau à divers titres. Ensuite, il a préparé, en collaboration avec M. Chauvenet, le sulfate double de lithium et d'uranyle.

Je propose l'insertion de ces deux notes dans le *Bulletin* de la séance. » — Adopté.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Sur quelques dérivés de l'isopropanol trichloré 1.1.1;
par Louis Henry, membre de l'Académie.

A. — ÉTHERS HALOÏDES (Cl, Br).

Dans son mémoire sur l'*isopropanol trichloré 1.1.1* (*), le Père Vitoria rapporte les diverses tentatives, restées malheureusement infructueuses, qu'il a faites pour obtenir les éthers haloïdes de ce remarquable composé.

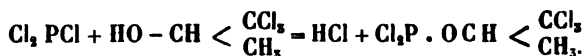
Les éthers haloïdes constituent un groupe important parmi les dérivés des alcools. Présument que l'auteur, malgré sa bonne volonté, ne serait à même de reprendre ses recherches qu'après un temps que les circonstances rendraient peut-être bien long, j'ai tenu à combler cette lacune regrettable dans l'histoire de cet alcool si intéressant à divers titres. J'y ai réussi dans une certaine mesure.

Le Père Vitoria a déjà fait connaître que le trichlorure de phosphore réagit intensément sur l'isopropanol trichloré $\text{CCl}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$. Me souvenant de la netteté avec laquelle les corps halogènes, Cl et Br, réagissent

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1904, pp. 1087-1123.

sur les dérivés mono-oxy-alkylés $\text{Cl}_2\text{P} \cdot \text{OC}_n\text{H}_{2n+1}$, résultant de l'action de PCl_3 sur les alcools primaires, j'ai cru trouver dans cette belle réaction, imaginée par Menschutkin (*), une méthode propre à fournir les éthers haloides, vainement cherchés jusque-là. L'expérience a pleinement répondu à mes prévisions.

Parmi les produits de l'action de PCl_3 sur l'isopropanol trichloré se trouve un composé analogue à celui qu'a fait connaître autrefois Menschutkin, $\text{Cl}_2\text{P} \cdot \text{OC}_2\text{H}_5$, pour l'alcool éthylique. Il résulte de l'action de molécules égales du chlorure phosphoreux et de l'alcool isopropylique trichloré, avec départ de HCl



Ce corps est assez malaisé à dénommer; je l'appellerai le « *bichloro-phosphite d'oxy-isopropyle trichloré 1.1.1.* »

Ce composé, qui est nettement défini, se présente sous forme d'un liquide incolore, limpide, quelque peu épais. Sa densité à 20° est égale à 1.5870.

Il bout à 140° sous la pression de 70 millimètres et à 223° - 224° sous celle de 758 millimètres (**).

Ce corps ne fume pas ou très faiblement au contact de l'air ordinaire. Il tombe au fond de l'eau, où il se décompose rapidement en se transformant en acides HCl

(*) *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CXXXIX, p. 143, année 1866.

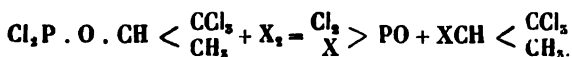
(**) Le dérivé mono-oxypropylique normal $\text{Cl}_2\text{P} \cdot \text{OC}_3\text{H}_7$ bouillant à 143° - 145° , le chiffre indiqué pour le dérivé isopropylique tri-chloré 1.1.1 est approximativement celui que l'on peut théoriquement lui assigner.

et phosphoreux, en même temps que l'alcool isopropylique trichloré est régénéré. Cette réaction permet de contrôler la composition de ce dérivé compliqué : elle a fourni 26.22 % de chlore phosphoreux, alors que la formule indiquée en demande 26.84.

Chauffé en vase clos avec une solution d'éthylate sodique, ce corps abandonne tout son chlore sous forme de chlorure. On a trouvé ainsi qu'il en renferme au total 62.52 %, alors que la formule en demande 63.27.

L'action des corps halogènes sur cet éther chlorophosphoreux est particulièrement intéressante.

Le *chlore* et le *brome* réagissent vivement et dès la température ordinaire en déterminant un échauffement considérable.



Il en résulte un composé oxyphosphorique, PCl_3O ou PCl_2BrO , et un éther haloïde de l'isopropanol trichloré. On ne s'est pas arrêté à isoler l'oxy-chlorure ou l'oxy-chlorobromure de phosphore formé dans ces conditions. Pour les détruire, le produit direct de la réaction a été versé dans l'eau qui laisse, sous forme d'une huile lourde insoluble, le dérivé éthéré trichloro-isopropylique formé.

Chlorure d'isopropyle trichloré $\text{CCl}_3\text{-CHCl-CH}_3$.

Ce corps constitue un liquide incolore, limpide et mobile, insoluble dans l'eau.

Sa densité à 20° est égale à 1.473.

Il bout sous la pression de 760 millimètres à 152°-153°,

toute la colonne mercurielle dans la vapeur. Sa densité de vapeur, déterminée selon la méthode de V. Meyer, a été trouvée égale à 6.32.

Substance	0 ^{gr} 1688
Volume d'air déplacé dans le bain d'air vers 180°	22 ^{cc} 8
Température.	16°
Pression barométrique	743 ^{mm}
Tension de la vapeur d'eau	13 ^{mm} 5

La densité calculée est 6.29.

L'indice de réfraction a été trouvé 1.4867, ce qui correspond à un pouvoir réfringent moléculaire 35.48, alors que la théorie exige 35.699.

Ce composé se congèle dans la neige carbonique arrosée d'éther en une masse fondant à - 65°.

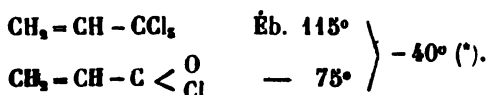
On y a trouvé 78.43 et 78.61 % de chlore, alors que la formule correspond à 78.02 %.

Ce composé constitue le chlorure complet de l'*acide chloro-propionique* $\text{H}_3\text{C} - \text{CHCl} - \text{CO}(\text{OH})$. Le chlorure ordinaire $\text{H}_3\text{C} - \text{CHCl} - \text{C} < \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \text{Cl} \end{smallmatrix}$ de cet acide bout, selon mes déterminations, à 109°-110°, sous la pression de 744 millimètres (*). Le remplacement de Cl_2 par O, dans le composant CCl_3 , détermine donc ici un abaissement dans le point d'ébullition d'environ 42°.

On remarquera qu'il y a une différence approximativement du même ordre entre le *propylène trichloré 1.1.1.*,

(*) *Comptes rendus*, t. C, page 114, année 1885.

dont il sera question plus loin, et le *chlorure d'acryle*
 $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COCl}$



***Bromure d'isopropyle trichloré* $\text{CCl}_3 - \text{CHBr} - \text{CH}_3$.**

Ce corps constitue, comme le précédent, un liquide incolore, mobile, faiblement odorant, insoluble dans l'eau. Il se conserve sans altération extérieurement apparente, dans les conditions ordinaires.

Sa densité, à l'état liquide, à 20° est égale à 1.775.

Il bout, sous la pression de 766 millimètres, à 171° - 172° , toute la colonne mercurielle dans la vapeur. Sa densité de vapeur, déterminée selon la méthode de Hofmann, a été trouvée égale à 7.821.

Pression barométrique.	762 ^{mm}
Substance	0g ⁰ 662
Mercure soulevé. . . .	650 ^{mm}
Tension de la vapeur. .	112 ^{mm}
Volume de la vapeur. .	74 ^{cc} 2
Température	183 ^o

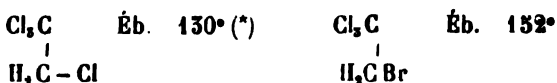
La densité calculée est 7.826.

Ce corps a été chauffé en vase clos avec de l'éthylate sodique dans l'alcool. On y a trouvé ainsi 83.01 et

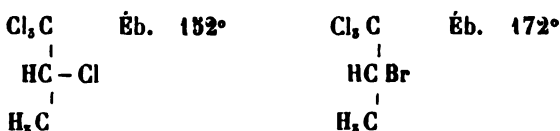
(*) MOUREU, *Annales de chimie et de physique*, t. II, p. 161.

82.90 % de chlore et de brome réunis, alors que la formule en demande 83.33 %.

On observe entre les points d'ébullition de ces deux éthers haloïdes des différences du même ordre que celles que l'on observe entre les dérivés correspondants de l'*éthanol trichloré* $\text{Cl}_3\text{C} - \text{CH}_2(\text{OH})$.



Différence + 22°.



Différence + 20°.

On peut remarquer également que des différences concordantes existent entre les dérivés correspondants en C_2 et en C_3 ; la *méthylation* du composant $\text{H}_2\overset{\cdot}{\underset{|}{\text{C}}}\cdot\text{X}$, devenant $\text{HC}\overset{\cdot}{\underset{|}{\text{C}}}\cdot\text{X}$, détermine une élévation d'environ 20°



dans le point d'ébullition.

Je ferai encore remarquer la régularité que l'on observe entre les différences des points d'ébullition des divers dérivés chlorés du *chlorure d'éthyle* $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2\text{Cl}$

(*) STAEDL, *Bericht*, etc., t. XV, p. 2563.

dans le composant H_3C - et de ceux des dérivés correspondants du *chlorure d'isopropyle* $\text{H}_3\text{C} - \text{CHCl} - \text{CH}_3$.

Dérivés en C_3 .		Dérivés en C_3 .	
CH_3	Éb. 12°	CH_3	Éb. 36°
CH_2Cl		CH Cl	
		CH_3	

Différence + 24°.

CH_2Cl	Éb. 84°	CH_2Cl	Éb. 98°
CH_2Cl		CH Cl	
		CH_3	

Différence + 14°.

CH Cl	Éb. 114°	CH Cl	Éb. 132° (*)
CH_2Cl		CH Cl	
		CH_3	

Différence + 18°.

C Cl_3	Éb. 130°	C Cl_3	Éb. 152°
CH_2Cl		CH Cl	
		CH_3	

Différence + 22°.

On voit de suite la différence qu'exerce, sur la volati-

(*) HERZEFELDER, *Berichte*, etc., t. XXVI, pp. 1258, 2434.

lité des composés en question, la nature du composant C associé au composant $\overset{\cdot}{\text{CH}_2}\text{Cl}$ qui est l'objet de la *méthylation* en devenant $\overset{\cdot}{\text{CHCl}}$.
 CH_3 .

B. — RÉACTION DE PCl_3 ET PCl_5 .

1° *Trichlorure de phosphore* PCl_3 . — La réaction du trichlorure de phosphore sur des alcools, dans le but d'obtenir des éthers haloïdes, a été réalisée depuis longtemps. Au point de vue qui m'occupe en ce moment, dans sa forme incomplète et formant des *éthers chloro-phosphoreux*, elle a d'abord été signalée par Menshutkin en 1866 (*). Plus tard, en 1897, elle a été étudiée d'une manière plus approfondie et différenciée suivant les alcools de de diverse nature par un autre chimiste russe, A. Jaroschenko (**). Cet auteur a constaté :

1° Qu'avec les *alcools primaires*, on obtient principalement, comme Menshutkin l'avait déjà indiqué, un dérivé *bichloro-phosphoreux* $\text{Cl}_2\text{P} - \text{OC}_n\text{H}_{2n+1}$;

2° Qu'avec les *alcools secondaires*, PCl_3 agit surtout comme déshydratant pour donner un hydrocarbure à liaison éthylénique; ainsi en est-il avec l'*alcool isopropylique* dont environ 83 % se transforment en propylène $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CH}_3$;

3° Qu'avec les *alcools tertiaires*, on obtient presque quantitativement, comme il fallait d'ailleurs s'y attendre,

(*) *Liebig's Annalen*, etc., t. CXXXIX, pp. 347 et suiv.

(**) *Chemisch Centralblatt*, 1897, t. II, p. 334.

un éther chlorhydrique - $\overset{\cdot}{\text{C}}\text{Cl}$ (*). On va voir que la règle synthétique énoncée par Jaroschenko ne s'applique pas tout à fait à l'*isopropanol trichloré*, en sa qualité d'alcool secondaire.

L'action de PCl_3 sur l'*isopropanol trichloré* a été réalisée à différentes reprises, suivant des proportions diverses, à molécules égales, ou bien trois molécules d'alcool pour deux de chlorure, parfois sur des quantités assez notables de matière. La marche de la réaction a toujours été, comme son résultat final, à peu près la même.

Je décrirai une de ces multiples opérations. 40 grammes d'*isopropanol trichloré* ont été mis en réaction, dans la proportion de *trois* molécules d'alcool pour deux de trichlorure. L'alcool solide se dissout dans le trichlorure en déterminant un abaissement notable dans la température. La réaction s'établit d'elle-même et il se dégage du gaz acide chlorhydrique, paisiblement. On a chauffé doucement le mélange en dessous d'un réfrigérant en spirale. L'opération cette fois a duré environ trois heures; tout dégagement gazeux avait cessé. Le liquide renfermé dans le ballon était resté homogène.

On a soumis toute la masse à une première distillation sous une pression de 236 millimètres. La distillation a

(*) Sous ce rapport, les alcools tertiaires se comportent, vis-à-vis de PCl_3 , comme les acides - $\text{C} < \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \text{OH} \end{smallmatrix}$. On voit combien la présence de l'hydrogène fixé sur le composant *carbo-hydroxyle* - $\overset{\cdot}{\text{C}} - \text{OH}$ influe puissamment sur le sens de la réaction quant à ses produits définitifs.

commencé vers 80°; le thermomètre s'est élevé successivement pour rester fixe entre 180° et 190° pendant un certain temps. Puis il a repris sa marche ascensionnelle, pour rester de nouveau fixe à 260°-270°, où une bonne partie du liquide a passé. A la fin, il y a eu décomposition de la petite quantité restante.

La première portion introduite dans l'eau a subi une légère décomposition, due sans doute à du trichlorure de phosphore non altéré. Il est resté un liquide huileux, insoluble et plus dense que l'eau, qui, après dessiccation à l'aide du chlorure calcique, a bouilli entre 110° et 115°. Ce corps n'est autre chose que du *propylène trichloré* 1.1.1. $\text{Cl}_3\text{C} \cdot \text{CH} = \text{CH}_2$, le même qui se produit si nettement dans l'action de P_2O_5 sur l'isopropanol trichloré (*). Cette constatation doit être notée : elle prouve que, dans cette circonstance, le PCl_3 s'est comporté comme un agent déshydratant, vis-à-vis de l'isopropanol trichloré comme vis-à-vis de l'isopropanol lui-même, selon la règle formulée par Jaroschenko. Je reviendrai plus loin sur ce produit.

La seconde et la troisième portion du liquide distillé ont été soumises à une seconde distillation sous une pression de 25 millimètres. La portion médiane, qui avait d'abord passé de 180° à 190°, a passé cette fois vers 130°. C'est le *bichloro-phosphite d'isopropanol trichloré* $\text{Cl}_2\text{P} \cdot \text{OCH} < \begin{smallmatrix} \text{CCl}_3 \\ \text{CH}_3 \end{smallmatrix}$, dont je me suis déjà occupé précédemment.

(*) Voir le mémoire du Père VITORIA : *Sur l'isopropanol trichloré*, cité plus haut, *Bulletin* de 1904, page 1105.

La dernière portion recueillie de 260° à 270° a distillé dans ces conditions nouvelles, sous la pression de 25 millimètres, vers 210°. Ce corps répond à la formule $\text{ClP} \cdot \left(\text{O} \cdot \text{CH} < \frac{\text{CCl}_3}{\text{CH}_3} \right)_2$ et constitue un *mono-chloro-phosphite* d'isopropanol trichloré.

C'est un liquide assez épais, qui se décompose doucement au contact de l'eau en régénérant finalement l'alcool isopropylique trichloré. La titration de l'acide chlorhydrique formé dans ces conditions a indiqué 9.57 % de chlore actif; la formule indiquée plus haut correspond, pour ClP -, à 9.06 %.

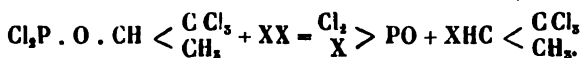
L'alcool éthylique décompose vivement ce produit et il se dégage de l'acide chlorhydrique. On a chauffé la masse alcoolique à l'ébullition pendant une demi-heure environ; on l'a alors introduite dans l'eau : il s'est séparé une couche huileuse insoluble qui, soumise à la distillation, a passé à 160°-162° et qui s'est solidifiée au contact d'une parcelle d'isopropanol trichloré en une masse cristalline fusible à 50°. C'est par conséquent de l'alcool trichloré primitif que l'alcool ordinaire aura expulsé vis-à-vis du composant phosphoreux ClP-.

Il est vraisemblable que la dernière portion du produit brut qui, lors de la première rectification, s'est décomposée, était constituée par l'*éther phosphoreux trichloro-isopropylique* $\text{P} \left(\text{OCH} < \frac{\text{CCl}_3}{\text{CH}_3} \right)_3$ lui-même. On peut donc admettre, ce me semble, que le trichlorure de phosphore PCl_3 , au contact de l'isopropanol trichloré, se comporte de deux manières distinctes:

a) Pour une faible part, comme agent de *déshydratation* pour produire du *propylène trichloré* $\text{CCl}_3\text{-CH=CH}_2$.

b) Pour la plus grande partie, pour former des dérivés phosphoreux, par l'échange de Cl contre $O \cdot CH < \begin{smallmatrix} CCl_3 \\ CH_3 \end{smallmatrix}$, une fois, deux fois, ou même trois fois. Parmi ces dérivés, on peut regarder celui de la première substitution ou le *bichloro-phosphoreux* $Cl_2P \cdot O \cdot CH < \begin{smallmatrix} CCl_3 \\ CH_3 \end{smallmatrix}$ comme constituant le produit principal. Dans une opération où 35 grammes d'alcool trichloré avaient été mis en réaction, on a retiré environ 25 grammes de cet éther monoalcoolique.

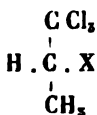
C'est le moment de revenir encore, une dernière fois, sur ce dérivé si important au point de vue qui m'a occupé. J'ai déjà dit que les corps halogènes, chlore et brome, réagissent avec une grande intensité sur cet *éther bichloro-phosphoreux*. Or cette réaction s'accompagne d'un abondant dégagement de gaz acide halogéné, HCl ou HBr. Elle a pour résultat la formation d'un *éther haloïde*, $H\overset{\cdot}{C} - Cl$ ou $H\overset{\cdot}{C} \cdot Br$, mais cet éther ne peut pas être le seul composé carboné formé selon l'équation



Sa formation ne comporte, en effet, aucun dégagement gazeux acide; celui-ci ne peut provenir que de l'éther haloïde lui-même dont il faut admettre, au moment de sa formation, le dédoublement partiel en hydracide HX et en *propylène trichloré* $CCl_3 - CH = CH_2$.

Le fait est que le produit brut de la réaction du chlore ou du brome sur le bichloro-phosphite isopropylique fournit une notable quantité, parfois la moitié d'un

produit passant avant 140° et qui se constitue en grande partie de *propylène trichloré* $\text{CCl}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2$. Il m'est assez difficile ou plutôt impossible d'indiquer la cause de ce dédoublement. Ces éthers haloïdes, comme l'*isopropanol trichloré* lui-même, renferment un atome de carbone asymétrique



et, à ce titre, peuvent exister sous deux variétés stéréoisomères. L'une de ces variétés d'éther haloïde $\text{HC} \overset{|}{\text{C}} . \text{X}$ serait-elle peut-être moins stable que l'autre ou même dénuée de stabilité?

Au cours des diverses opérations qui ont été faites pour obtenir ces éthers haloïdes, chlorhydrique et bromhydrique, on a recueilli une quantité appréciable de *propylène trichloré*. Les propriétés que l'on a constatées dans ce corps correspondent parfaitement à celles qui ont été reconnues dans le produit direct de la déshydratation de l'*isopropanol trichloré* par l'anhydride phosphorique (*).

C'est aussi un liquide incolore, mobile, d'une forte odeur suffocante, insoluble dans l'eau. A 20° , sa densité est égale à 1.369.

(*) Voir *Sur l'isopropanol trichloré 1.1.1*; par Éd. VITORIA S. J. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], 1904, pp. 1103 et suiv.).

Il bout sous la pression ordinaire à 114°-115°. La densité de sa vapeur a été trouvée égale à 4.95 dans l'appareil de Hofmann.

Substance	0 ^o 0394
Pression barométrique.	754 ^{mm}
Mercure soulevé. . . .	664 ^{mm}
Tension de la vapeur .	90 ^{mm}
Volume de la vapeur .	71 ^{cc}
Température	100°

La densité calculée est 5.03.

Son indice de réfraction a été trouvé égal à 1.48225, ce qui correspond à 30.32 pour le pouvoir réfringent moléculaire, alors que, selon la formule, ce devrait être 30.557.

Ce corps se congèle aisément en cristallisant dans un mélange de neige carbonique et d'éther; la masse fond vers - 50°-55°.

Dans le but d'obtenir le chlorure d'isopropyle trichloré $\text{ClCH} < \begin{smallmatrix} \text{CCl}_3 \\ \text{CH}_3 \end{smallmatrix}$, on a fait agir une fois le pentachlorure SbCl_5 sur le bromure $\text{BrCH} < \begin{smallmatrix} \text{CCl}_3 \\ \text{CH}_3 \end{smallmatrix}$ et l'on a recueilli un produit solide cristallin que sa composition et ses propriétés identifient avec le produit direct de l'addition du chlore au *propylène trichloré*, c'est-à-dire le *propane trichloré* $\text{CCl}_3 - \text{CHCl} - \text{CH}_2\text{Cl}$.

Ce corps se sublime aisément et fond, en tube capillaire, à 178°. Son poids moléculaire, déterminé cryoscopiquement dans l'acide acétique, a été trouvé égal à 216.2, moyenne de trois déterminations concordantes,

alors que la formule $C_3H_3Cl_5$ correspond à 216.5. On y a trouvé enfin 81.55 et 81.43 % de chlore, alors que la formule en demande 81.98 %.

Dans les conditions où ces réactions ont été opérées, l'origine du propylène trichloré $CCl_3 - CH = CH_2$ est donc double :

a) Elle se rattache à l'action déshydratante directe de PCl_5 sur l'isopropanol trichloré;

b) Elle dérive pour une part plus considérable de l'action de Cl_2 ou Br_2 sur le *bichloro - phosphite* $Cl_2P \cdot OCH < \begin{smallmatrix} CCl_3 \\ CH_3 \end{smallmatrix}$.

2° *Pentachlorure de phosphore*. — Je rappellerai à cette occasion l'intéressant mémoire de Wichelhaus concernant l'action de PCl_3 , PCl_5 et $OPCl_3$ sur les alcools (*).

Après les indications déjà données dans le mémoire du P. Vitoria, je ne rapporterai ici que deux essais de réaction faits dans d'autres conditions que celles où il a opéré .

a) Isopropanol trichloré dissous dans la pétroléine (éb. vers 40°). On a fait tomber peu à peu la solution de l'alcool, 40 grammes, dans la pétroléine sur 52 grammes de pentachlorure. La réaction est lente, il se dégage de l'acide chlorhydrique gazeux. Il se forme un produit liquide, huileux, épais, et il reste une quantité considérable de pentachlorure non attaqué. Le fait s'explique.

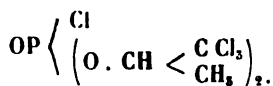
(*) *Liebig's Annalen der Chemie*, Supplementband VI, pp. 257 et suiv., année 1868.

On va voir par l'exposé suivant qu'une seule molécule de PCl_3 a réagi sur trois molécules d'alcool; selon les proportions, 40 grammes d'isopropanol trichloré n'exigent que 17 grammes environ de pentachlorure.

De la pétroléine, on peut retirer, par la distillation, une certaine quantité de *propylène trichloré* $\text{Cl}_3\text{C} \cdot \text{CH} = \text{CH}_2$, bouillant vers 115° .

La molécule du pentachlorure PCl_3 a donc agi comme déshydratant sur l'alcool pour le transformer en son hydrocarbure, elle-même se transformant en OPCl_3 .

Cet oxy-chlorure, réagissant à son tour sur l'alcool isopropylique trichloré, le transforme en *chloro-phosphate bi-isopropylique trichloré*

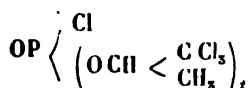


C'est le produit épais et visqueux signalé plus haut. Sous l'action de l'eau, son chlore se transforme en acide chlorhydrique, du moins le chlore phosphorique du composé $\text{OP} < \text{Cl}$. On a trouvé ainsi dans ce composé 8.56 % de cette sorte de chlore, alors que, d'après la formule indiquée, il en faudrait 8.71.

Cet éther chloro-phosphorique se dissout dans l'éther ordinaire; mais après quelque temps, cette solution laisse se précipiter une poudre grenue qui, abandonnée au-dessus de l'acide sulfurique ou au contact de l'eau, reprend l'aspect primitif du composé, c'est-à-dire constitue une masse épaisse et visqueuse. Je regarde ce composé cristallin comme résultant de l'addition de l'éther à l'éther chloro-phosphorique lui-même. Cela

étant, et tenant compte en même temps de la solubilité du gaz chlorhydrique dans l'éther, je m'explique ce qui se passe alors que l'on fait réagir l'isopropanol trichloré, dissous dans l'éther, sur le chlorure phosphorique. L'addition successive de la solution étherée au pentachlorure paraît ne déterminer aucune réaction extérieurement appréciable : on ne constate aucun échauffement et le dégagement de gaz chlorhydrique est insignifiant ; mais au bout d'un certain temps, assez long, il se forme au sein du liquide le même précipité grenu que celui dont j'ai relaté plus haut la formation.

Sous l'action de l'eau, et plus rapidement sous l'action de la vapeur d'eau à chaud, l'éther chloro-phosphorique

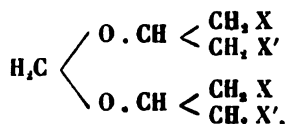


se transforme, à la suite de l'élimination de Cl sous forme de HCl et de son remplacement par - OH, en phosphate bi-alcoolique $(\text{HO}) \cdot \text{PO} \cdot \left(\text{OCH} < \frac{\text{CCl}_3}{\text{CH}_3} \right)_2$. Celui-ci constitue dès l'abord une masse fort épaisse qui, à la longue, se prend en un magma cristallin. Chauffé en vase clos avec une solution alcoolique d'éthylate sodique, ce corps abandonne son chlore sous forme de chlorure. On a trouvé ainsi dans ce composé si complexe 54.16 % de chlore, alors que la formule en demande 54.76.

On voit par là que, malgré l'aspect extérieur si peu intéressant des corps qu'elle fournit, la réaction de PCl_5 méritait de n'être pas passée sous silence.

C. — MÉTHYLAL ISOPROPYLIQUE HEXACHLORÉ SYMÉTRIQUE.

Les dérivés haloïdes bisubstitués de l'alcool isopropylique, tels que la dichlorhydrine, la chloro-bromhydrine glycérique, etc., $(\text{HO})\text{CH} < \begin{smallmatrix} \text{CH}_2\text{Cl} \\ \text{CH}_2\text{Cl} \end{smallmatrix}$, $(\text{HO})\text{CH} < \begin{smallmatrix} \text{CH}_2\text{Cl} \\ \text{CH}_2\text{Br} \end{smallmatrix}$, etc., forment avec l'oxyde de méthylène des *méthylals* solides, de la formule générale



remarquables par leur aptitude extraordinaire à former des cristaux bien constitués (*).

J'avais pensé que l'alcool propylique trichloré $(\text{HO})\text{CH} < \begin{smallmatrix} \text{CH}_3 \\ \text{CCl}_3 \end{smallmatrix}$ déterminerait également un composé du même genre, apte aussi à prendre l'état cristallin. L'expérience n'a confirmé qu'en partie cette prévision; on va voir combien les analogies les mieux établies en apparence démentent parfois les inductions les plus légitimes (**).

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1904, pp. 1161-1171.

(**) Je fais remarquer à cette occasion que la présence de l'hydrogène, fixé sur le carbone, détermine fréquemment dans les corps l'aptitude à prendre l'état solide, en élevant leur point de fusion, alors que le remplacement de cet élément par Cl ou d'autres éléments ou groupements d'éléments négatifs abaisse celui-ci. J'en citerai un cas fort intéressant. Le *méthine-tricarbonat d'éthyle* $\text{HC} - (\text{CO} \cdot \text{OC}_2\text{H}_5)_3$, éb. 265° , est solide et fond à $29^\circ\text{--}30^\circ$, alors que son dérivé chloré

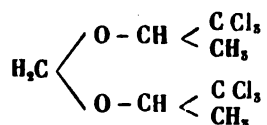
Le poly-oxyméthylène ($\text{H}_2\text{C} - \text{O}$)_n se combine aisément avec l'isopropanol trichloré en présence de quelques fragments de ZnCl_2 . On a opéré sur 4 grammes de méthanal polymérisé et 41 grammes d'isopropanol trichloré. Après quelque temps d'une caléfaction légère, la combinaison est réalisée et l'on constate la formation d'une certaine quantité d'eau.

Le produit est distillé sous pression raréfiée; il passe à 203°-205° sous une pression de 70 millimètres.

On y a trouvé 62.91 % de chlore, alors que la formule $\text{H}_2\text{C} - \left(\text{O} \cdot \text{CH} < \frac{\text{CCl}_3}{\text{CH}_3} \right)_2$ en demande 63.10.

Son poids moléculaire, déterminé par la cryoscopie dans l'acide acétique, a été trouvé égal à 331.6 et 334.5, alors que le poids moléculaire calculé est 339.

Le méthanal isopropylique hexachloré symétrique



constitue un liquide incolore, épais et visqueux, fort odorant, d'une saveur amère, insoluble dans l'eau.

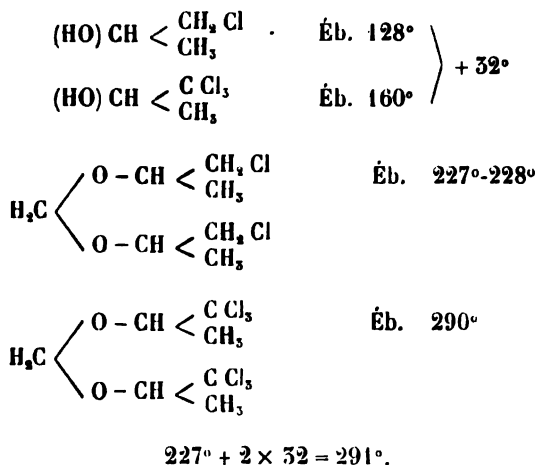
Sa densité à 20° est égale à 1.481. Son indice de réfraction a été trouvé égal à 1.4993, ce qui correspond à un pouvoir réfringent moléculaire 67.25, alors que le calcul conduit à 67.37.

A la température de - 80°, il ne s'est pas encore

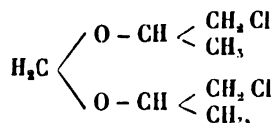
$\text{ClC} - (\text{CO} \cdot \text{OC}_2\text{H}_5)_2$ est liquide à la température ordinaire, quoique bouillant à une température plus élevée d'une dizaine de degrés.

Je me propose de revenir dans une communication spéciale sur ce fait que son apparente étrangeté rend bien remarquable.

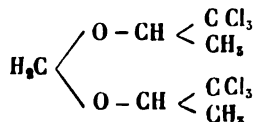
congelé. Il bout sous la pression de 750 millimètres à 290°. C'est le point d'ébullition que lui assigne l'analogie



Alors que le *méthanal isopropylique bichloré symétrique*



poids moléculaire 201, renferme 55.32 % de chlore, le méthanal hexachloré



du même genre, poids moléculaire 539, en renferme 63.10 %.

On voit combien la présence de H fixé sur C est puis-

sante pour déterminer dans les corps l'aptitude à prendre l'état solide.

Ce corps, qui renferme dans sa molécule une quantité de chlore considérable, double de celle que renferme moléculairement l'isopropanol trichloré $(\text{HO})\text{C} < \begin{smallmatrix} \text{CH}_3 \\ \text{CCl}_3 \end{smallmatrix}$, jouit peut-être de propriétés hypnotiques remarquables.

Les expériences que je viens de rapporter ont été réalisées avec de l'isopropanol trichloré $\text{Cl}_3\text{C} - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$ que les directeurs de la grande fabrique Bayer et C^o, d'Elberfeld, MM. Duisberg et Fischer, ont bien voulu mettre à ma disposition. Il m'est agréable de leur exprimer ici tous mes remerciements pour leur libéralité.

Je tiens à constater également que la partie expérimentale de ces recherches est due à mon assistant, M. Auguste De Wael, dont j'ai déjà eu à louer, à diverses reprises, le zèle et l'habileté.

—

Contribution à la théorie des ménisques capillaires ;
par G. Van der Mensbrugghe, membre de l'Académie.

I. — CAS DES MÉNISQUES CONCAVES.

En 1889 (1), j'ai tâché d'expliquer la formation des ménisques capillaires en invoquant les variations d'élasticité dans la couche liquide en contact avec une paroi solide. Mes idées relatives à cette question fondamentale

(1) *Sur la couche de contact d'un solide et d'un liquide* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3^e sér., t. XVII, p. 518).

de la capillarité ont été appuyées récemment par M. Heidenhain (1); mais, presque en même temps, elles ont été assez vivement combattues par M. Quincke (2). De plus, presque tous les physiciens contemporains adoptent le mode d'explication proposé par Clairaut, et dont il m'est impossible d'admettre l'exactitude.

Pour plus de clarté, rappelons brièvement la démonstration du physicien français. Soit *bac* la surface de séparation du solide et du liquide, *ad* le niveau du liquide,

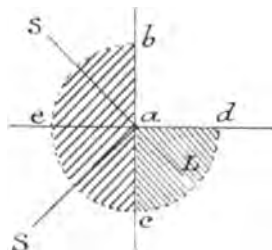


FIG. 1.

et *a* une particule liquide placée le plus près possible de la paroi et dans le plan horizontal *ad*. Parmi les forces qui sollicitent cette particule au moment du contact du corps solide et du liquide, Clairaut signale :

1° La résultante *L* de toutes les attractions exercées par le liquide situé dans le quart de la sphère d'activité dont *a* est le centre; cette force fait évidemment un angle de 45° avec l'horizon;

2° Les deux résultantes analogues *S* de toutes les forces exercées sur *a* par les particules solides contenues dans les deux quarts de sphère *bae*, *cae*.

(1) *Die allgemeine Ableitung der Oberflächenkräfte und die Anwendung der Theorie der Oberflächenspannung auf die Selbstordnung sich berührender Furchungszellen* (ANATOMISCHE HEFTEN, von Fr. Merkel und R. Bonnet, Heft 790 et 780, Wiesbaden).

(2) *Ueber Ausbreitung und Extensionskraft* (ANN. DER PHYSIK DE DRUDE, t. XV, p. 55, 1904).

A la rigueur, il faudrait encore mentionner le poids de la particule α , mais il peut être négligé à côté des forces moléculaires.

Le système des trois forces ci-dessus revient à l'ensemble d'une force horizontale égale à $(2S - L) \cos 45^\circ$ et d'une force verticale $L \cos 45^\circ$. D'après ces valeurs, la résultante unique est évidemment située dans l'angle droit cae , si le binôme $2S - L$ est positif; dans ce cas, d'après Clairaut, il faut que le liquide se soulève et dessine un ménisque concave, puisque la résultante en question doit être normale à la surface libre. Si, au contraire, $2S - L$ est négatif, la résultante est située dans l'angle dac , et le ménisque qui se forme doit être convexe.

Occupons-nous aujourd'hui du cas relatif aux ménisques concaves.

Le mode d'explication que je viens de résumer, et qui est reproduit chaque année dans presque tous les cours de physique expérimentale, donne pourtant lieu à bien des critiques, comme je l'ai déjà déclaré en 1889.

En premier lieu, on suppose que la couche superficielle du liquide est constituée comme la masse intérieure; or, nous savons maintenant que cette couche est composée d'une infinité de tranches de plus en plus écartées entre elles et déterminant une infinité de forces contractiles élémentaires, dont l'intégrale est précisément la tension superficielle qui caractérise chaque liquide en particulier.

En second lieu, comment le liquide peut-il s'élever au-dessus du niveau sous l'influence de forces qui solli-

citent un petit nombre de particules et qui sont toutes dirigées vers le bas? Cela paraît d'autant plus impossible que la grandeur et la direction de ces forces doivent changer aussitôt qu'une quantité, même très minime, de liquide s'est élevée au-dessus du point a ; dès lors, comment peut se former le ménisque concave?

En troisième lieu, avant de combiner les deux forces composantes principales, ne faudrait-il pas indiquer dans le calcul que d'un côté du plan vertical passant par a , on a affaire à un corps solide fixe, et de l'autre côté à un liquide?

Des objections aussi sérieuses qu'on peut faire à l'explication de Clairaut m'autorisent pleinement, je pense, à la regarder comme n'étant pas exacte et conforme à l'observation. C'est pourquoi je me propose de suivre une voie plus sûre, quoique analogue à celle du physicien français.

Pour plus de simplicité, je supposerai également la masse liquide constituée partout de même jusqu'au moment de son contact avec la paroi solide.

Pour ne pas donner prise à la deuxième objection, il faudra rechercher l'effet des forces moléculaires sur l'ensemble des molécules liquides placées suffisamment près de la paroi.

Enfin, pour exprimer dans le calcul que toutes les actions considérées s'exercent entre des particules fixes d'une part et des particules mobiles de l'autre, il suffit de faire remarquer que si une particule liquide a est attirée par une portion du solide avec une force S , cette portion elle-même supporte une attraction égale et contraire $-S$; pour indiquer que les particules solides sont

fixes, on ajoute de part et d'autre une force égale à $+S$; dès lors, la particule a sera sollicitée par une force $2S$ dirigée vers le solide, et le mouvement relatif de a vers le corps solide regardé comme fixe ne sera pas altéré.

Cette précaution est même nécessaire lorsque le corps solide, au lieu d'être parfaitement sec, est au contraire déjà mouillé avant de venir en contact avec le liquide : comme la couche mouillante peut aussi être regardée comme fixe, la force émanant de cette couche doit aussi être doublée.

Cela étant, considérons les particules liquides situées sur une verticale passant par a (fig. 2); pour les molécules placées au-dessous de a dans la couche superficielle d'épaisseur r , c'est-à-dire moindre qu'un vingt-millième de millimètre, il est facile de voir que la composante horizontale due à l'action du solide, à savoir $4S \cos 45^\circ$ (nous avons doublé S), ne change pas; au contraire, la composante horizontale due à l'action du liquide augmente depuis $L \cos 45^\circ$ jusqu'à $2L \cos 45^\circ$, lorsque la particule en question est en c , à une distance r du niveau. Quant à la composante verticale due au liquide, elle diminue depuis $L \cos 45^\circ$ jusqu'à zéro pour le point inférieur.

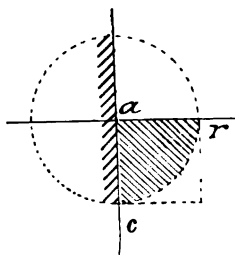


FIG. 2.

Pour un élément liquide quelconque situé plus bas encore sur la verticale considérée, on a toujours $2(2S-L)$

$\cos 45^\circ$ pour composante horizontale et une composante verticale nulle.

Puisque le binôme $2S - L$ est positif, l'effet général produit par la paroi sur la file verticale considérée consistera à presser celle-ci contre le solide.

Cherchons de même l'effet exercé sur une deuxième file liquide mn (fig. 3), très voisine de la première. Pour cela, imaginons autour d'une particule quelconque m de

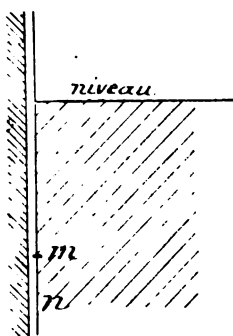


FIG. 3.

cette file, mais située à une profondeur plus grande que r , la sphère d'activité ayant cette particule comme centre. Nous pourrions admettre alors que, dans l'hémisphère placé du côté de la paroi, il y a un segment solide très peu différent d'une demi-sphère, et puis un segment liquide à deux bases très rapprochées. Dans ces conditions, la pression exercée

par la particule dans le sens horizontal sera un peu moindre que pour la première file, tandis que la pression verticale sera nulle. Conséquemment la tranche liquide interposée entre les deux files verticales sera comprimée contre la tranche déjà appliquée sur le solide.

Considérant ensuite une autre file un peu plus éloignée de la paroi, mais pourtant à une distance moindre que r , les hémisphères pouvant agir sur un point quelconque de la nouvelle file donneraient encore lieu à une pression horizontale contre la paroi, mais d'autant moindre que

la distance à la paroi serait plus près d'être égale à r . La résultante de toutes les pressions horizontales élémentaires aurait donc pour effet de comprimer le liquide interposé entre la paroi et la file de molécules liquides distante de r . Ainsi se forme sur la paroi une couche qui y adhère fortement, et qui ne pourrait pas obéir librement à son élasticité de compression. Mais précisément parce que cette couche est formée d'éléments pour ainsi dire fixes et fortement serrés les uns contre les autres, elle agit sur les tranches liquides voisines pour en augmenter aussi l'élasticité de compression ; mais celles-là peuvent aisément se détendre, sinon vers le bas, du moins vers le haut, et s'étaler ainsi sur la surface libre de la paroi. Voilà, selon moi, comment se forme le ménisque concave dessiné par un liquide qui mouille une paroi solide.

On le voit, la démonstration qui précède repose entièrement sur les variations d'élasticité de compression produites dans les tranches voisines du corps solide. Ce qui vient à l'appui de cette conclusion, c'est qu'un corps sec présentant un grand nombre de surfaces propres à être mouillées s'échauffe au moment du contact du liquide employé, et cela d'autant plus fortement que la somme des surfaces mouillées est plus grande.

En effet, dès 1876 (1), j'ai rappelé, à l'appui de ma théorie, les expériences de Pouillet qui démontrent le dégagement de chaleur chaque fois qu'un solide préala-

(1) *Application de la thermodynamique à l'étude des variations d'énergie potentielle des surfaces liquides* (BULI. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 2^e sér., t. XLI, n^o 4, avril 1876).

blement réduit en poudre ou en limaille aussi fine que possible et parfaitement séché ensuite, vient à être mouillé par un liquide. Par exemple l'amidon s'échauffe alors de 9°7 et la racine de réglisse de 10°2. J'ai pu conclure alors qu'à toute variation de température de la surface de contact correspond une variation de la différence de potentiel électrique et qu'en conséquence il y a production d'un courant thermo-électrique si le courant est fermé.

Sur les cristaux de méthylal isopropylique tétrachloré symétrique; par G. Cesàro, professeur à l'Université de Liège.

Les mesures relatives à ces cristaux, décrits dans le *Bulletin* n° 12 de l'Académie, page 1168, sont erronées. En effet, on déduit de ces incidences que le triangle sphérique ayant pour sommets les pôles e^1 , m et g^1 , aurait pour côtés

$$mg^1 = 90^\circ - mh^1 = 19^\circ 46' 30''$$

$$e^1g^1 = 90^\circ - \frac{1}{2} \cdot e^1e^1 = 35^\circ 50' 30''$$

$$me^1 = 57^\circ 11' 30'',$$

c'est-à-dire que le troisième côté de ce triangle serait plus grand que la somme des deux autres. On se demande comment on a pu résoudre un tel triangle et déduire pour un de ses angles

$$ph^1 = 82^\circ 50'.$$

Pour essayer de découvrir s'il n'y avait pas une faute d'impression dans les mesures relatées au bas de la page 1168, je suis parti des résultats obtenus par l'auteur pour la forme primitive (p. 1169)

$$ph^1 = 82^\circ 50', \quad a : b : c = 2,787 : 1 : 1,384,$$

et j'ai calculé ses incidences de départ; j'ai obtenu

Angles.	Calculés.	Donnés page 1168.
mh^1	$70^\circ 7' 6''$	$70^\circ 13' 30''$
$e^1 e^1$	$107^\circ 52' 24''$	$108^\circ 19'$
$e^1 m$ ant.	$38^\circ 15' 52''$	$57^\circ 11' 30''$
$e^1 m$ post.	$42^\circ 40' 30''$	

On voit que si pour les deux premières incidences on obtient des résultats plus ou moins concordants, il n'en est pas de même pour la troisième, qui donne une divergence énorme.

Donc, s'il y a erreur d'impression, elle doit se trouver dans le troisième angle : peut-être a-t-on imprimé $57^\circ 11' 30''$ au lieu de $37^\circ 11' 30''$? Mais, même dans ce cas, le calcul est erroné. *Le cristal décrit et figuré page 1168 ne peut exister avec les angles qu'on lui attribue. C'est une détermination à recommencer.*

—

Contribution à l'étude de quelques minéraux ()*; par
G. Cesàro, professeur à l'Université de Liège.

Azurite. — Dans un cristal provenant de Chessy, représenté par la figure 5 en projection orthogonale sur le plan de symétrie g^1 , j'ai observé deux faces paraissant appartenir à la zone $d_{21}^{1/4}m_{110}$, zone sur laquelle aucune face n'a été signalée.

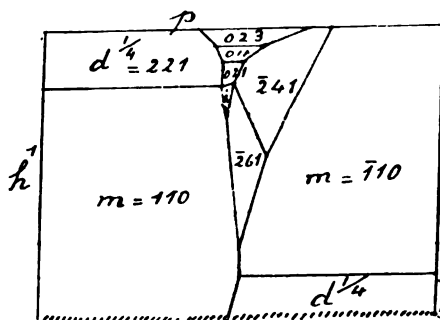


Fig. 5.

Forme $\bar{2}61 \equiv b^{1/2}d^{1/2}g^1$. — Si hkl est la notation d'une face quelconque de cette zone et φ l'angle que cette face fait avec $\bar{1}10$, on a

$$\frac{l}{k} = C \frac{\sin \varphi}{\sin (\varphi_0 - \varphi)},$$

(*) Voir *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique (Sciences)*, 1904, n° 12, pp. 1198 à 1210.

formule dans laquelle C est une constante donnée par

$$\log C = \bar{1}, 4989399 \text{ et } \varphi_0 = 137^{\circ}57'3'' (*).$$

Pour la première face, la mesure a donné

$$\varphi = 30^{\circ} (29^{\circ}57' - 30^{\circ}3');$$

on en déduit

$$\frac{l}{k} = 0,1658, \quad \frac{h}{k} = -0,3368,$$

ou, approximativement,

$$hkl = \bar{2}61.$$

Comme vérification, on a mesuré l'angle que la nouvelle face fait avec $\omega = \bar{2}41$, forme très bien développée dans le cristal que nous décrivons; la correspondance est très satisfaisante :

Angles.	Calculés.	Mesurés.
$\bar{2}61 . \bar{1}10$	$30^{\circ}13'$	30°
$\bar{2}61 . \bar{2}41$	$9^{\circ}33',5$	$9^{\circ}34'$

Le pôle $\bar{2}61$ se trouve déjà dessiné virtuellement sur la projection stéréographique de Des Cloizeaux (**), au point où le cercle de zone $g^1 \omega b^{1/2} a^{1/2} (h + 2l = 0)$ coupe le cercle $o^1 e^{1/2} g_{\frac{1}{2}}^2 d_{\frac{1}{2}}^{1/2} (2h + k = 2l)$.

(*) Les incidences de départ sont celles de Des Cloizeaux (*Manuel de minéralogie*, t. II, p. 190); on en déduit : $\log a = \bar{1}, 9278400$, $\log c = \bar{1}, 9439706$, $\beta = 87^{\circ}39'$.

(**) *Ibid.*, p. 192, projection n° 27.

Forme $\bar{1}.10.2 = b^{1/2} d^{1/11} g^{1/2}$. — Pour la seconde face, notée i sur la figure 5, on a obtenu

$$\varphi = 44^{\circ}54' (53', 55'),$$

puis

$$\frac{l}{k} = 0,223, \quad \frac{h}{k} = -0,108.$$

Les réduites de $\frac{l}{k}$ sont

$$\frac{1}{4}, \frac{2}{9}, \frac{31}{139} \dots;$$

la première conduit à 041, qui ne convient pas, car elle correspond à $\varphi = 52^{\circ}13'$, la deuxième donne $\bar{1}92$ avec $\varphi = 44^{\circ}41',5$. En portant le pôle $\bar{1}92$ sur la projection de Des Cloizeaux à l'aide des cercles $d_{111}^{1/11} m_{110}$ et $g^{1/2}$, on voit qu'il est très rapproché de celui de la forme $\mu = \bar{2}.18.3$, dont il sera parlé plus loin; les pôles μ et $\bar{1}92$ sont en zone avec $p = 001$, de sorte que leur angle est la différence de

$$p\mu = 79^{\circ}38'21'' \text{ et } p(\bar{1}92) = 76^{\circ}12'15'',$$

soit de $5^{\circ}26'6''$. Mais ni μ ni $\bar{1}92$ ne satisfont à une incidence qui a pu être obtenue avec précision malgré la petitesse de la face i : $\widehat{i\omega} = 23^{\circ}17' (16,16,18)$. Si l'on n'admet pas que la face i se trouve sur la zone $(221)(\bar{1}10)$, en partant de $\frac{l}{h} = -2$ et de l'incidence $\widehat{i\omega}$ inscrite ci-dessus, on obtient

$$\frac{l}{k} = 0,1989,$$

ou, presque exactement,

$$hkl = \bar{1}.10.2 = b^{1/2} d^{1/11} g^{1/2},$$

qui donne une excellente concordance :

Angles.	Calculés.			Mesurés.
	$\bar{2}.18.3$	$\bar{1}92$	$\bar{1}.10.2$	
Avec $\bar{1}10$	$43^{\circ}47'$	$44^{\circ}41',5$	$45^{\circ}1'$	$44^{\circ}54'$
Avec $\bar{2}11$	$22^{\circ}43',5$	$22^{\circ}29',5$	$23^{\circ}15'$	$23^{\circ}17'$

Forme $\mu = 2.18.3 \equiv b^{1/10}d^{1/20}g^{1/5}$ à Broken-Hill. —
Cette forme a été observée par Schrauf sur des cristaux

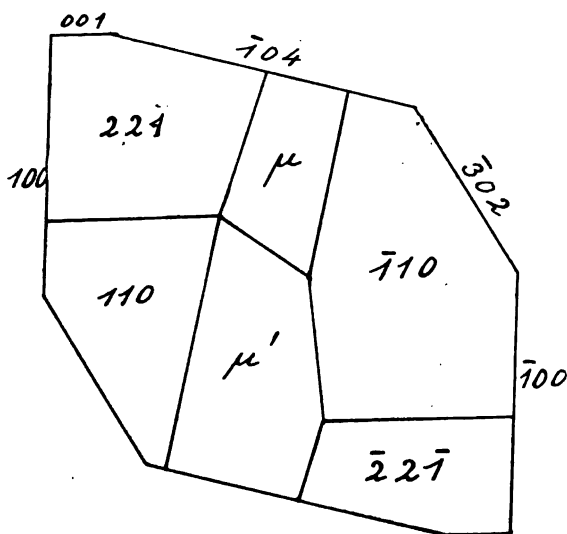


FIG. 6.

de Chessy; je viens de la rencontrer parfaitement

développée sur un magnifique cristal de Broken-Hill représenté par la figure 6 en projection orthogonale sur le plan de symétrie (*). J'ai essayé de simplifier la notation de μ , en déterminant les dimensions du primitif à l'aide de mesures prises sur le cristal même de Broken-Hill. Les faces $a^4 = \bar{1}04$ sont fortement striées parallèlement à l'axe binaire, tandis que les faces $a^{3/2} = \bar{3}02$ sont parfaitement miroitantes; p est à peine visible, mais miroitante; les faces h^1 et $d^{1/2}$ donnent des images doubles dans certains sens. En partant des trois angles :

$$pm \text{ ant.} = 88^\circ 3' (4, 2, 4, 3)$$

$$pa^{\frac{2}{3}} = 58^\circ 54' (53, 57, 51)$$

$$ma^{\frac{2}{3}} \text{ adj.} = 50^\circ 39' (39, 39, 39),$$

on obtient :

$$\begin{aligned} \log a &= \bar{1},9300748, & \log c &= \bar{1},9428745, \\ \beta &= 87^\circ 26' 23'', 4 & mm \text{ ant.} &= 80^\circ 45' 29''. \end{aligned}$$

La face μ paraît, à première vue, appartenir à la zone (221) ($\bar{1}10$), mais, au goniomètre, on constate une divergence sensible; en partant de

$$\mu\mu' = 25^\circ 24' (25, 24, 24, 22)$$

$$\mu h_{100}^1 = 83^\circ 6' (5, 8, 4),$$

(*) Outre les faces dessinées, ce cristal porte de petites facettes $e^{2/3}$, e^1 , $e^{1/2}$, $d^{1/2}$, a^1 et $a^{1/2}$; il est allongé suivant l'axe binaire; à l'extrémité gauche de cet axe, il est terminé par le clivage $e^{1/2}$ parfaitement miroitant.

on obtient

$$\frac{h}{k} = -0,41191, \quad \frac{l}{k} = 0,16547,$$

c'est-à-dire, très sensiblement, $-\frac{1}{9}$ et $\frac{1}{6}$; on voit que, à moins de recourir à des notations très compliquées, on retombe sur la notation de Schrauf : $\bar{2}.18.3$.

*
* * *

Stibine. — *Macé avec $h^2 = 310$ pour plan de jonction.*
Groupe provenant du Japon, formé par deux cristaux

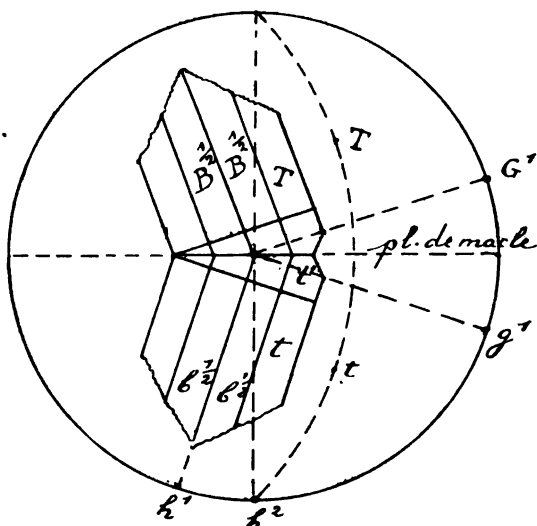


Fig. 7.

maclés suivant une face de la zone verticale, terminés par $b'_{111} = 111$ et $t = 343$. La figure 7 représente ce

groupe en projection horizontale. Les données de départ sont celles de Dana (*A System of Mineralogy*, p. 36) :

$$(353) (\bar{3}53) = 55^{\circ}4', \quad (353) (\bar{3}53) = 99^{\circ}39'.$$

On en déduit

$$\log a = \bar{1},9967619, \quad \log c = 0,00769645.$$

On a mesuré l'angle sortant des clivages g^1 et G^1 , qui a été trouvé de $37^{\circ}43'$. Le plan commun est de la forme h^m et correspond à $h^2 = 310$, qui donne $g^1 G^1 = 36^{\circ}36'31''$. Comme vérification, j'ai mesuré l'angle ιT , qui a été trouvé d'environ 90° . Le calcul donne (fig. 7)

$$\alpha = (310) (343) = 44^{\circ}48'35'',$$

puis

$$\iota T = 180^{\circ} - 2\alpha = 90^{\circ}23'.$$

En réalité, on pourrait supposer que le plan de macle fût $g^2 = \bar{1}30$, qui est sensiblement normal à 310 (*); dans ce cas, on aurait

$$g^1 G^1 = 2 \cdot (\widehat{130}) g^1 = 37^{\circ}7'37''$$

$$\iota T = 90^{\circ}44'.$$

Il faut observer qu'un couple quelconque de deux plans $h10$, $\bar{1}h0$ pourrait servir de couple de jonction,

(*) L'angle de ces plans est de $90^{\circ}15',5$.

l'angle de ces plans étant presque droit; cet angle est donné par

$$\operatorname{tg} \omega = -\frac{a(h^2 + 1)}{h(1 - a^2)};$$

si l'on représente par x la quantité dont cet angle dépasse 90° , on a

$$\operatorname{tg} x = C \cdot \frac{h}{h^2 + 1},$$

formule dans laquelle C est une constante donnée par $\log C = \overline{2},1735352$.

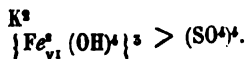
On voit que x est le plus grand possible pour $h = 1$, c'est-à-dire pour le couple mm , et diminue indéfiniment, en tendant vers zéro, lorsque h augmente; ainsi :

h	1	2	3	4...
x	$0^\circ 25',5$	$0^\circ 20',5$	$0^\circ 15',5$	$0^\circ 12'...$

* * *

Jarosite. — Ce minéral, qui a pour formule brute $K^2O.3Fe^2O^3.4SO^3.6H^2O$ (*), se présente en petits cristaux bruns qui ont été rapportés à un rhomboèdre très voisin du cube, légèrement aigu. Les mesures que

(*) Comme la jarosite ne perd son eau qu'au rouge, M. Groth la considère comme un sulfate basique ayant pour formule



Voir *Tableau systématique des minéraux*, par P. GROTH. Traduction française par MM. E. Joukowsky et F.-A. Pearce, 1904. Genève, p. 69.

j'ai prises sur des cristaux provenant du Dakota du Sud me paraissent indiquer plutôt un rhomboèdre légèrement obtus. Comme parallèlement à la base a^1 il existe un clivage que l'on rencontre presque toujours dans les fragments de cristaux, on peut mesurer l'angle pa^1 et en déduire l'angle du rhomboèdre.

Rarement les cristaux se prêtent à des mesures satisfaisantes, les faces du rhomboèdre étant rugueuses et donnant presque toujours des images multiples; les meilleurs fragments m'ont donné pour $pa^1 = z$, qui est de $54^{\circ}44'$ pour le cube, des résultats constamment inférieurs à 54° ; voici les deux incidences les plus probantes :

$$z = 53^{\circ}28' (21', 34', 28'), \quad a^1p \text{ inf.} = 126^{\circ}40' (14', 46', 60'),$$

d'où

$$z = 53^{\circ}20'.$$

Si α est l'angle dièdre *polaire* sur l'arête culminante b , on a

$$\sin z = \frac{\sin \frac{\alpha}{z}}{\sin 60^{\circ}}; \quad (1)$$

lorsque α varie entre 0° et 120° , z augmente constamment de 0° à 90° et devient de $54^{\circ}44'$ pour $\alpha = 90^{\circ}$; il s'ensuivrait que dans la jarosite α serait plus petit que 90° . Pour $z = 53^{\circ}28'$, la formule (1) donne $\alpha = 88^{\circ}11',5$ et $c = 1,1689$ (*).

(*) Pour le cube, $c = 1,2247$.

J'ajoute que les mesures prises sur un angle trièdre formé par trois faces que je pouvais facilement distinguer l'une de l'autre, comme ayant des grandeurs très inégales, paraissent confirmer la conclusion précédente : en désignant ces faces par p , m , g d'après leur grandeur, j'ai obtenu une première fois, par une mesure approximative :

$$mg = 87^{\circ}14', \quad pg = 92^{\circ}30', \quad mp = 91^{\circ}37';$$

dans une seconde opération faite après avoir déplacé le cristal, j'ai obtenu

$$mg = 86^{\circ}59' (87^{\circ}12', 87^{\circ}, 86^{\circ}49', 86^{\circ}58')$$

$$pg = 91^{\circ}49' (91^{\circ}50', 91^{\circ}48')$$

$$mp = 92^{\circ}10' (91^{\circ}55', 92^{\circ}25').$$

On voit que l'angle trièdre mesuré doit être l'angle latéral du rhomboèdre, les deux incidences sensiblement égales correspondant aux deux arêtes latérales qui y concourent, la troisième se rapportant à l'arête culminante, qui est donc obtuse. Je reviendrai sur la jarosite dans une prochaine note.

Signe optique. — A travers le clivage, on aperçoit, en lumière convergente, la figure d'interférence, *qui est celle d'un biaxe*, à axes rapprochés; l'écartement des axes varie d'une plage à l'autre et souvent la figure est déformée. La jarosite est *négative*. En lumière parallèle, les lames de clivage ne restent pas constamment éteintes pendant la rotation de la platine, mais leurs directions d'extinction sont indécises.

*
**

Gypse de Bellisio. — *Forme* $\bar{3}14 = a_{1/2}$. — Nous adoptons l'orientation de Des Cloizeaux (*); des données

$$mm \text{ ant.} = 68^{\circ}30', \quad e'e' = 41^{\circ}20', \quad e'm \text{ ant.} = 59^{\circ}13',$$

on déduit

$$\log a = \bar{1},8718179, \quad \log c = \bar{1},6153261, \quad \beta = 66^{\circ}9'17''.$$

Le cristal dont il s'agit, qui est grand et d'une belle limpidité, est aplati suivant la verticale et allongé suivant x ; il est essentiellement formé de m , g^1 et de belles grandes faces i miroitantes, coupant g^1 approximativement suivant l'horizontale. Le cristal a été orienté à l'aide de lames de clivage g^1 , en examinant dans celles-ci les traces du clivage fibreux p et les directions d'extinction. On a mesuré

$$i(010) = 85^{\circ}51', \quad i(\bar{1}10) = 85^{\circ}2', \quad i(110) = 87^{\circ}16';$$

en partant des deux premières incidences, on obtient

$$\frac{h}{k} = -2,994 \quad \frac{l}{k} = 3,825.$$

Étant donnée la grandeur du cristal, qui n'est guère maniable au goniomètre, on peut se contenter de l'approximation

$$hkl = \bar{3}14 = a_{1/2}.$$

(*) Voir *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3^e sér., t. XXIX, n^o 3, pp. 385-399, 1895.

Le calcul donne :

$$\begin{aligned}(\bar{3}14) (010) &= 84^{\circ}7', & (\bar{3}14) (\bar{1}10) &= 86^{\circ}7', \\(\bar{3}14) (110) &= 87^{\circ}16' .\end{aligned}$$

Cristaux à apparence orthorhombique. — Un autre échantillon de la même localité est formé de magnifiques cristaux limpides ayant approximativement l'aspect de prismes orthorhombiques tronqués légèrement sur leurs arêtes g (*). Les faces du prisme sont les faces m ; quant aux bases s , elles sont ondulées et ne se prêtent qu'à une détermination approximative (**); on a mesuré

$$sm_{110} = 88^{\circ}44', \quad sg_{010}^1 = 89^{\circ}34' \quad sg_{010}^1 = 90^{\circ}2'.$$

En adoptant $sg^1 = 90^{\circ}$, on obtient

$$\frac{h}{l} = -0,68556$$

ou, sensiblement,

$$s = \bar{2}03 = a^{\frac{2}{3}},$$

avec $(\bar{2}03) (110) = 88^{\circ}11',5$.

Pour avoir un prisme bien droit, il faudrait qu'il fût terminé par une face hOl donnée par $\frac{h}{l} = -0,72973$.

(*) Ils sont accompagnés de beaux cristaux de soufre, ayant la forme typique $pb^{1/2} b^{3/2} c^1$, aplatis suivant p .

(**) A travers la base, ils montrent le pôle excentrique d'un axe optique.

* * *

Libéthénite : Viel-Salm. — Il y a quelques années, j'ai décrit (*) ces cristaux en déterminant au microscope que leur forme était le rectoctaèdre me^1 ; je me basais sur les faits que dans ce rectoctaèdre la face m est sensiblement équilatérale et qu'en outre cette face est presque exactement normale à un axe optique. Je viens de rencontrer un échantillon dans lequel les cristaux, tout en étant très petits, ont pu me fournir quelques mesures goniométriques; ces mesures ne sont qu'approximatives parce que les faces e^1 sont ternes et les m réfléchissantes mais donnant des images multiples dans certains sens; j'ai obtenu

$$me^1 = 66^\circ 30', \quad mm \text{ ant.} = 86^\circ 54' \text{ à } 87^\circ 41'.$$

Ceci confirme la détermination faite au microscope.

* * *

Puchérîte. — Les petits cristaux orthorhombiques de *vanadate de bismuth* provenant de Schneeberg jouissent de propriétés optiques qu'il est très aisé d'observer, parce que la bissectrice aiguë est perpendiculaire au clivage facile qui existe parallèlement à leur base. Une telle lame de clivage, au microscope, montre que la bissectrice aiguë qui lui est normale est *négative* et que le *plan des axes optiques* est parallèle à $h^1 = 100$. L'angle des axes optiques est fort petit, la biréfringence considérable.

Une lame de clivage d'épaisseur 3,2 donnait un retard

(*) *Description des minéraux phosphatés, sulfatés et carbonatés du sol belge.* (MÉM. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. LIII, 1897, p. 22.)

de 150,3; la biréfringence d'une face normale à la bissectrice négative est donc

$$\frac{1}{c} - \frac{1}{b} = 41.$$

* * *

ANGLE DES AXES OPTIQUES déduit des biréfringences de deux lames normales aux bissectrices. — On peut obtenir, en opérant comme il suit, deux valeurs, l'une par défaut, l'autre par excès, de la tangente de l'angle des axes optiques, valeurs indépendantes des indices et fonction seulement des biréfringences

$$d = n_g - n_m, \quad d' = n_m - n_p (*)$$

de deux lames normales aux bissectrices. On a

$$\operatorname{tg}^2 V_c = \frac{n_g^2}{n_p^2} \cdot \frac{n_m^2 - n_p^2}{n_g^2 - n_m^2} = \frac{d'}{d} \cdot \frac{(n_m + d)^2 (2n_m - d')}{(n_m - d')^2 (2n_m + d)} (**)$$
 (1)

Si l'on fait varier l'indice n_m depuis 1 jusqu'à ∞ , comme la dérivée de $\operatorname{tg}^2 V_c$ est essentiellement négative (**), $\operatorname{tg}^2 V_c$ décroît constamment et tend vers $\frac{d'}{d}$; on peut donc écrire, quelle que soit la valeur de l'indice n_m ,

$$\frac{d'}{d} < \operatorname{tg}^2 V_c < \frac{d'}{d} \cdot \frac{(1 + d)^2 (2 - d')}{(1 - d')^2 (2 + d)} \quad (2)$$

(*) n_g est l'indice maximum, n_p l'indice minimum, n_m l'indice moyen.

(**) $2V_c$ est l'angle des axes optiques autour de la bissectrice positive $\frac{1}{c}$, grand axe de l'ellipsoïde inverse.

(***) En observant que $n_m > 1$ et que d et d' représentent des millièmes.

Or, ces deux limites sont très rapprochées, ce qui permet de donner une valeur de l'angle vrai des axes optiques, rien que par la mesure, en lumière parallèle, des biréfringences d et d' .

Exemple : Barytine : $d = 10$ millièmes, $d' = 1$ millième.
On obtient :

$$35^{\circ}6' < 2V_e < 35^{\circ}22' (^{\circ}).$$

On peut simplifier la limite supérieure, dans la formule (2), en y négligeant les termes d'un degré supérieur au second. Il vient alors :

$$\frac{d'}{d} < \lg^2 V_e < \frac{d'}{d} \cdot \frac{2 + 4d - d'}{2 - 4d' + d}. \quad (5)$$

*Exemples : Périidot : $d = 19$ (**), $d' = 17$;*

$$86^{\circ}49' < 2V_e < 88^{\circ}21'$$

Stilbite : $d = 2$, $d' = 4$;

$$109^{\circ}28' < 2V_e < 109^{\circ}43',$$

c'est-à-dire

$$70^{\circ}17' < 2V_e < 70^{\circ}32'.$$

On peut obtenir des limites plus rapprochées, en observant que dans les minéraux l'indice est compris entre 1,5 et 3; en remplaçant n par ces valeurs dans la

(*) Il est bien entendu que ces formules supposent les valeurs de d et d' *exactes*; dans chaque cas, sachant l'erreur probable commise dans la mesure de d et d' , on peut se rendre compte de l'approximation que l'on peut atteindre. Lorsque l'épaisseur est très petite et qu'on la mesure directement au microscope, ces formules peuvent devenir illusoires. (Voir *Laurionite*, p. 1203. *Bull.*, n° 12, 1904.)

(**) Sous-entendre *millièmes*.

formule (1) et négligeant les termes d'un degré supérieur au second, il vient

$$\frac{d'}{d} \cdot \frac{6 + 4d - d'}{6 - 4d' + d} < \operatorname{tg}^2 V_c < \frac{d'}{d} \cdot \frac{5 + 4d - d'}{3 + 4d' + d}.$$

Exemples :

Stilbite : $d = 2, d' = 4, 109^{\circ}33' < 2V_c < 109^{\circ}38'$

Aragonite : $d = 4, d' = 151, 162^{\circ}15' < 2V_c < 163^{\circ} 3'$

Plagioclases. — La méthode peut être employée pour la détermination de l'angle des axes optiques des plagioclases présentés par une roche en lame mince, et les formules ci-dessus peuvent nous donner une idée de l'approximation possible. En appliquant la méthode de Fouqué pour la détermination des plagioclases (*), on est amené à chercher des plages normales aux deux bissectrices, pour déterminer l'angle que la trace du plan des axes optiques y fait avec la trace de g^1 , plan de la macle de l'albite, ou avec la trace du clivage p . On peut mesurer le retard de ces lames, puis par la formule $\operatorname{tg}^2 V_c = \frac{d'}{d}$ calculer l'angle des axes optiques; si l'on connaît l'épaisseur de la lame et l'erreur possible dans la mesure des retards, la formule (3) pourra indiquer l'approximation du résultat. — Les essais qui suivent ont été effectués sur quelques belles préparations (**)

(*) *Contribution à l'étude des feldspaths des roches volcaniques.*
(BULL. DE LA SOC. FRANÇ. DE MINÉRALOGIE, t. XVII, pp. 283-610.)

(**) Souvenir précieux de l'illustre pétrographe français, qui m'en a fait don.

dans lesquelles des lames normales aux deux bissectrices se trouvent réunies à une lame de quartz parallèle à l'axe; le retard de cette dernière plage divisé par 9 donne l'épaisseur :

a) *Albite*. Saint-Gothard. — Le retard a été mesuré à l'aide d'un compensateur de Babinet, en ramenant la raie noire au centre; son retard variable est donné par

$$R_p = 0,129 n,$$

formule dans laquelle n représente des centièmes de millimètre, le retard étant exprimé en cent-millièmes de millimètre.

Bissectrice	$n_p = \frac{1}{a},$	$n = 176,$	$r = 22,7$
»	$n_p = \frac{1}{c},$	$n = 120,$	$r' = 15,5$
Quartz		$n = 294,$	$p = 37,9$

L'épaisseur de la lame est donc $e = \frac{p}{9} = 4,2$ centièmes de millimètre. On en déduit

$$d = \frac{r}{e} = 9 \cdot \frac{227}{379} \text{ millièmes, } d' = \frac{r'}{e} = 9 \cdot \frac{155}{379} \text{ millièmes.}$$

La formule (3) donne ensuite

$$\frac{155}{227} < 18^\circ V. < \frac{155}{227} \cdot \frac{764777}{754463}$$

$$79^\circ 8' < 2V. < 79^\circ 31'.$$

Calcul de l'approximation. — Les résultats ci-dessus supposent que les valeurs de d et d' soient rigoureusement exactes, l'écart donné par la formule (3) ne mesu-

rant que l'erreur provenant de la non-connaissance de l'indice moyen; il s'agit de transformer cette formule de manière à tenir compte des erreurs possibles commises dans la mesure des retards r , r' et ρ .

Les lectures n faites au compensateur diffèrent rarement, dans la mesure d'un même retard, de 4 unités, de sorte que l'erreur maxima commise dans la mesure du retard

$$R_r = 0.129 n$$

peut être fixée à $\frac{1}{2}$ unité (*); il s'ensuit que

$$d = 9 \frac{r}{\rho}$$

est compris entre

$$d_1 = 9 \frac{r - 0,5}{\rho + 0,5} \text{ et } d_2 = 9 \frac{r + 0,5}{\rho - 0,5} \text{ millièmes.}$$

On a de même

$$d'_1 < d' < d'_2.$$

Or, de la formule (3), on déduit *a fortiori*,

$$\frac{d'_1}{d_2} < \lg^2 V_e < \frac{d'_2}{d_1} \cdot \frac{2 + 4d_2 - d'_1}{2 - 4d'_2 + d_1}. \quad (4)$$

Dans le cas de l'albite,

$$r = 22,7 \quad r' = 15,5 \quad \rho = 57,9$$

$$76^{\circ}52' < 2V_e < 81^{\circ}26'.$$

(*) $\frac{1}{2}$ cent-millième de millimètre.

On voit que l'on arrive à une bonne approximation et que l'*albite* est certainement *positive*. Des Cloizeaux a trouvé par la mesure directe, pour l'*albite* du Saint-Gothard, $2V_r = 78^\circ 20'$.

J'insiste sur ce point que ce n'est pas la formule (3) qu'il faut employer, mais bien la formule (4) : les résultats donnés par la première, tout en étant très rapprochés, peuvent être entièrement fautifs, tandis que la formule (4), qui tient compte des erreurs possibles commises dans les mesures, donne des résultats exacts et montre, par la plus ou moins grande divergence des limites qu'elle renferme, le degré d'approximation qui a été atteint.

Ainsi, lorsqu'il s'agit de lames aussi minces et que les retards r et r' sont presque égaux, comme dans les deux essais qui suivent, on peut seulement affirmer que l'angle des axes optiques est voisin de 90° , sans que l'on puisse dire si l'angle aigu se trouve sur la bissectrice n_p ou n_r , c'est-à-dire sans pouvoir indiquer le signe du minéral.

b) *Andésine-oligoclase* de Kyrkslatt (Finlande) (*). — Angle d'extinction de la section normale à n_p : 77° . On obtient approximativement r et $r' = 14$ à 16 , $\rho = 37$; on en déduit que l'angle des axes optiques est d'environ 90° .

c) *Andésine*. Saint-Raphaël. — Angle d'extinction sur la section normale à n_p : 63° à 64° . On a obtenu : $r = 15$, $r' = 14.5$, $\rho = 42.6$. L'angle des axes optiques est donc encore voisin de 90° .

(*) Fouqué, *loc. cit.*, p. 366. Cette lame est marquée *Oligoclase*, mais l'angle d'extinction prouve qu'il s'agit de l'*andésine-oligoclase* de Kyrkslatt.

d) *Oligoclase-albite* d'Arendal. — Cette préparation est marquée : *Oligoclase-Morefiord-Arendal*. L'angle d'extinction de la section normale à n_p est de 13° , celui de la section normale à n_p a été trouvé de 84° à 85° ; il s'agit donc d'un oligoclase-andésine, comme l'indique le tableau résumant les expériences de Fouqué (*). Ce doit être soit l'*oligoclase-albite de Mørefjord, Arendal* (p. 381), pour lequel Fouqué a trouvé des angles d'extinction de $9^\circ 30'$ à $11^\circ 30'$ pour Sn_p , et de 83° à 86° pour Tn_p , soit l'*oligoclase-albite d'Arendal (Norvège)* (p. 383), qui a donné à Fouqué des angles d'extinction de $10^\circ 30'$ à 13° , et de $79^\circ 30'$ à 83° . J'ai obtenu : section normale à n_p , $r = 20.3$, et pour une section normale à n_p , $r' = 13.5$; quant au retard de quartz, il est $\rho = 41.6$. On en déduit par la formule (4)

$$75^\circ 59' < 2V_e < 81^\circ 10'.$$

Ce résultat est en désaccord avec celui obtenu par Des Cloizeaux en mesurant l'angle axial autour des deux bissectrices dans l'huile : $2H_e = 95^\circ$ et $2H_a = 98^\circ$, car de

$$\operatorname{tg} V_e = \frac{\sin H_e}{\sin H_a},$$

on déduit

$$2V_e = 88^\circ 40'.$$

(*) Fouqué, *loc. cit.*, p. 428.

Quelques données sur l'acide sélénique;
par W. Oechsner de Coninck.

J'ai examiné trois échantillons d'acide sélénique provenant de l'industrie.

Échantillon A. — J'ai mesuré sa densité par la méthode du flacon ; j'ai trouvé :

$$D_{+15.5} = 1,4669.$$

Échantillon B. — Sa densité, à $+18^{\circ}$, a été trouvée égale à 1,4386.

J'ai fait différents mélanges de cet acide avec de l'eau distillée, et j'ai mesuré les densités :

Températures.	Volume d'eau ajouté à 1 volume d'acide sélénique.	Densités.
$+18^{\circ}$	$\frac{1}{2}$	1,3179
$+17^{\circ}7$	1	1,2337
$+16^{\circ}6$	1,5	1,2045
$+14^{\circ}$	2	1,1984
$+17^{\circ}$	2,5	1,1712
$+19^{\circ}2$	3	1,1600

Échantillon C. — Sa densité, à $+15^{\circ}8$, a été trouvée

égale à 1,4698. J'ai fait pour cet échantillon ce que j'avais fait pour le précédent :

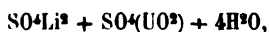
Températures.	Volume d'eau ajouté à 1 volume d'acide sélénique.	Densités.
+ 16°5	1/2	1,3191
+ 13°	1	1,2515
+ 14°2	1,5	1,2074
+ 17°	2	1,1992
+ 16°5	2,5	1,1793
+ 14°2	3	1,1678

L'acide sélénique est déliquescent, et sa densité va en diminuant avec le temps. Je reviendrai sur ce point.

10 février 1905.

Sur un sulfate double de lithium et d'uranyle () ;
par W. Oechsner de Coninck et Chauvenet.*

Nous avons préparé ce sel double, qui répond à la formule



en employant la méthode d'Ebelmen. Nous avons dissous

(*) Institut de chimie, Université de Montpellier.

et fait cristalliser dans l'eau, à aussi basse température que possible, un mélange équimoléculaire des deux sulfates.

Ce sel offre une grande ressemblance avec les sulfates doubles d'uranyle et des métaux alcalins précédemment décrits.

16 février 1905.



OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Dewalque (G.). Catalogue des météorites conservées dans les collections belges. Liège, 1905; extr. in-8° (7 p.).

Van der Stricht (O.). Démonstration d'un œuf double monstrueux fécondé de mammifère. Bruxelles, 1904; extr. in-8° (5 p.).

— Une anomalie très intéressante concernant le développement d'un œuf de mammifère. Gand, 1904; extr. in-8° (22 p. et 1 pl.).

Deladrier (Ém.). Recherches souterraines aux environs d'Éprave. Bruxelles, 1904; extr. in-8° (4 p.).

— Essai d'une carte tectonique de la Belgique. Bruxelles, 1904; extr. in-8° (13 p.).

— Réplique sommaire à M. le baron Greindl au sujet de la carte tectonique de la Belgique. — Suite de la discussion sur l'essai de la carte tectonique de la Belgique. Bruxelles, 1904; extr. in-8° (8 p.).

De Donder (Théophile). Application nouvelle des invariants intégraux, 1^{re} et 2^e notes. Bruxelles, 1903; 2 extr. in-8° (21 + 18 p.).

Schaeffers (V.). Nouvelle théorie des machines électriques à influence. Bruxelles, 1904; in-8° (88 p.).

LOUVAIN. *La Cellule*, recueil de cytologie et d'histologie générale (Carnoy et Gilson), tome XXI, 1^{er} et 2^e fascicules, 1904.

Hinrichs (Gustave). The proximate constituents of the chemical elements, mechanically determinated from their physical and chemical properties. Saint-Louis, 1904; in-8° (xv-86 p. et 32 pl.).

— The Amana meteorits of February 12, 1875. Saint-Louis, 1905; in-8° (16 pl.).

Gaudry (Albert). Fossiles de Patagonie, dentition de quelques mammifères. Paris, 1903; in-4° (26 p.).

Gautier (R.). Résumé météorologique de l'année 1903 pour Genève et le Grand Saint-Bernard. Genève, 1904; in-8°.

— Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice, 1903. Genève, 1904; in-8°.

Flora Batava (Van Eeden et Vuyck), 345^e tot 348^e afleveringen. Harlem, 1904; in-8°.

Pekelharing et Zwaardemaker. Onderzoekingen gedaan in het physiologische laboratorium, 5^{de} reeks, V, 2^{de} aflevering. 1905. Utrecht.

Sars (O.). An account of the crustacea of Norway, vol. V, pars 5 and 6. Bergen, 1904; in-8°.

Thomsen (Julius). Systematisk Gennemførte Termoke-miske Undersogelsers. Numeriske og teoretiske Resultater. Copenhagen, 1905; in-8° (xii-472 p.).

HELSINGFORS. Société des sciences. Observations météorolo-giques, 1891-1892, 1899. — État des glaces et des neiges en Finlande, 1893-1894. (Axel Heinrichs.) 1904; in-4°.

MADRID. Observatorio astronomico. Memoria sobre el eclipse total de sol, del día 30 de agosto de 1905.

ERRATA.

Bulletin, n° 2, février 1905, page 61, ligne 3, en remontant : au lieu de *Rome*, lisez *Bonn*.

Ibid., ligne 3, en remontant : au lieu de *Schünfeld*, lisez *Schönfeld*



ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1905. — N° 4

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 1^{er} avril 1905.

M. P. DE HEEN, directeur.

M. le chevalier EDM. MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. V. Masius, *vice-directeur*; G. Dewalque, Éd. Van Beneden, C. Malaise, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, C. Le Paige, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, L. Errera, Julien Fraipont, A. Jorissen, P. Francotte, Paul Pelseneer, *membres*; M. Delacre, Ch.-J. de la Vallée Poussin, Aug. Lameere, J. Massart, Th. Durand, *correspondants*.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique transmet, de la part de M. le Ministre d'Italie à Bruxelles, le programme du cinquième Congrès international de psychologie, qui aura lieu à Rome du 26 au 30 avril prochain. Ce congrès s'occupera de psychologie expérimentale introspective, pathologique, criminelle, pédagogique et sociale.

— M. Auguste Coret, à Neuilly-sur-Seine (Paris), envoie trois communications manuscrites relatives à « la lumière blanche », à « un loch pour navires et pour ballons », à « un pendule oscillant » et à « une horloge automatique », communications qu'il a déjà soumises à d'autres institutions scientifiques ou à des revues.

— Dépôt dans les archives.

La Commission d'organisation du Congrès international de botanique (2^e session, Vienne, 11-18 juin 1905) envoie le *Texte synoptique des documents destinés à servir de base aux débats du Congrès international de nomenclature botanique de Vienne, 1905, présenté au nom de la Commission internationale* par John Briquet, rapporteur général.

— Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

1^o *Un précurseur oublié, inconnu aux chercheurs de houe dans le Limbourg*; par G. Dewalque;

2° *Étude de la forme et de la structure de l'éclair par la photographie*; par W. Prinz;

3° *Faune entomologique de l'Afrique tropicale : Buprestides*; par Ch. Kerremans;

4° *Quelques considérations sur l'Okapi*; par L.-F. De Pauw;

5° *L'énergie obtenue par l'énergie*; par Pedro Gomez Sanchez, de Madrid.

6° *Opere matematiche di Francesco Brioschi*, tomo III (offert par le Comité institué en l'honneur de Francesco Brioschi);

7° *Le opere di Galileo Galilei*, volume XV (offert par M. le Ministre de l'Instruction publique d'Italie);

8° *Annuaire astronomique de l'Observatoire royal de Belgique*, publié par les soins de G. Lecointe, directeur scientifique, 1906.

— L'Union zoologique italienne annonce qu'elle tiendra sa cinquième assemblée ordinaire à Porto-Ferraio (île d'Elbe). — Les réunions se tiendront du 15 au 19 avril.

— Travaux manuscrits renvoyés à l'examen :

1° *Mémoire sur la constitution du Soleil*; par E. Wattier.
— Commissaire : M. Le Paige.

2° *Lettre sur les attractions et répulsions qui se manifestent entre les courants électromagnétiques*; par Ricardo Lucio Arnain, à Madrid. — Commissaire : M. De Heen.

RAPPORT.

Sur un sulfate double de magnésium et d'uranyle;
par MM. Oechsner de Coninck et Chauvenet.

Rapport de M. W. Spring.

« Les auteurs annoncent la préparation de ce sel. Je propose l'insertion de leur note dans le *Bulletin* de la séance. » — Adopté.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Sur quelques composés se rattachant à l'acide caproïque normal; par Louis Henry, membre de l'Académie.

L'étude attentive des séries homologues permettra d'établir sur une base solide, au point de vue objectif, les relations, tant de l'ordre *physique* que de l'ordre *chimique*, qui existent entre la composition et les propriétés dans les multiples composés du carbone. Pour atteindre à ce but, cette étude nécessite l'inscription, dans les catalogues de la chimie descriptive, des combinaisons diverses, au point de vue *fonctionnel*, que l'on doit s'attendre à rencontrer aux divers étages de la série de carburation et, à chacun de ces étages, des isomères nombreux que permet de prévoir la structure intime des hydrocarbures, qui, au point de vue systématique, peuvent en être regardés comme les points de départ.

Sous ce rapport, il reste, je ne dirai pas *beaucoup*, mais *énormément* à faire dans tous les groupes, à commencer par celui des *composés aliphatiques saturés* qu'une observation superficielle pourrait faire regarder comme si complet et si riche. Non seulement des lacunes en grand nombre existent dans les séries des composés homologues ou isomères qui le constituent, mais, chose plus regrettable, puisque l'erreur entraîne à des conséquences plus fâcheuses encore que la simple ignorance, on constate qu'à des corps nombreux, on a attribué des propriétés qu'il n'est pas possible, au point de vue des analogies les mieux fondées, de ne pas regarder comme évidemment éloignées de la rigoureuse exactitude et même absolument fausses. Je tiens à ajouter que ceux-là seuls qui ignorent les difficultés du travail expérimental en chimie, pourraient s'étonner de cet état de choses ou en faire un reproche à la science elle-même et aux observateurs qui sont à son service.

C'est par conséquent faire œuvre utile, au point de vue scientifique, que de combler ces lacunes en appelant à l'existence des corps inconnus et de faire disparaître ces erreurs en déterminant, avec précision et exactitude, les notes principales du signalement des espèces chimiques mal ou imparfaitement connues.

Ce sont des considérations de ce genre qui m'engagent à mettre au jour successivement, par fragments détachés, les résultats de travaux divers effectués dans mon laboratoire.

Je commencerai aujourd'hui par faire connaître certaines combinaisons qui se rattachent directement à l'*acide caproïque normal* $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CO}(\text{OH})$, dont on s'est occupé récemment, à l'occasion d'autres recherches.

La fermentation dite *butyrique*, des sucres et des hydrates de carbone C_6 en général, constitue une source abondante, non seulement d'*acide butyrique* normal $C_4H_8O_2$, mais aussi d'*acide caproïque* $C_6H_{12}O_2$ éb. 204° (*). On sait que la véritable nature de l'acide en C_6 , qui se forme dans ces conditions, a été déterminée avec précision et certitude dans un travail magistral de M. Lieben, travail déjà ancien puisqu'il remonte à 1877 (**).

Ayant eu à purifier d'assez notables quantités d'acide butyrique brut, ou presque brut, on a recueilli sans peine, à la suite de quelques distillations, une quantité appréciable d'*acide caproïque normal* qui a été utilisée sans tarder.

A. — NITRILE CAPROÏQUE NORMAL $CN - (CH_2)_4 - CH_3$ (***).

On obtient aisément ce composé par la déshydratation de l'*amide caproïque* $H_3C - (CH_2)_4 - CO(NH_2)$ par l'anhydride phosphorique P_2O_5 .

(*) Il est bien remarquable que, dans cette opération, il se forme exclusivement des acides gras $C_nH_{2n}O_2$ à nombre *pair* d'atomes de carbone, les acides *acétique* $C_2H_4O_2$, *butyrique* $C_4H_8O_2$ et *caproïque* $C_6H_{12}O_2$ normaux. Il ne paraît pas que l'on puisse extraire du mélange acide produit de cette fermentation des corps plus riches en carbone que C_6 . Ce fait, comme celui de la nature de la chaîne carbonée de ces acides, trouve sa raison d'être et son explication dans la nature même des composés C_6 ou $(C_6)_n$ soumis à l'action du ou des ferments *butyriques*.

(**) AD. LIEBEN et G. JANECEK, *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CLXXXVII, pp. 426 et suiv.

(***) Voir plus loin, à l'occasion du nitrile en C_7 , l'historique de ce corps.

23 grammes d'amide (*), soit $\frac{2}{10}$ de molécule, ont été mélangés à 35 grammes d'anhydride phosphorique. La réaction s'établit déjà à froid et la masse se liquéfie. Après l'avoir légèrement chauffée pendant quelque temps, on la soumet à la distillation, sous pression raréfiée. Il passe un liquide d'une blancheur et d'une limpidité parfaites. Le rendement de l'opération est d'environ 70 %. Le produit ainsi obtenu est d'une pureté remarquable. On y a trouvé 14.33 et 14.30 % d'azote, alors que la formule en demande 14.43.

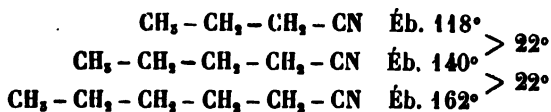
Le *nitrile caproïque* constitue un liquide incolore, mobile, d'une agréable odeur, quelque peu rance toutefois, d'une saveur sucrée et piquante.

Il est insoluble dans l'eau qu'il surnage. Sa densité à 20° est égale à 0.8093.

L'éther, l'alcool, etc., le dissolvent aisément.

Son indice de réfraction, déterminé dans l'appareil de Pulfrich, a été trouvé égal à 1.41154; d'où l'on déduit pour le pouvoir réfringent moléculaire 29.77, alors que le calcul correspond à 29.72.

Ce corps bout fixe à 162°-163°, sous la pression de 750 millimètres, toute la colonne mercurielle dans la vapeur. Ce point d'ébullition est celui que lui assigne l'analogie; les nitriles normaux $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_n - \text{CN}$ en C_4 , C_5 et C_6 forment ainsi une série régulière.



(*) Provenant de l'action du chlorure brut — de $[\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_4 - \text{CO}(\text{OH})_2] + \text{PCl}^5$ — sur l'ammoniaque aqueuse concentrée.

Le *nitrile isocaproïque* $(\text{H}_3\text{C})_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CN}$, produit synthétique dérivé de l'alcool amylique, bout à $134^\circ\text{--}135^\circ$. Il existe ainsi un parallélisme régulier entre les dérivés nitriliques correspondants en C_5 et en C_6

$\begin{smallmatrix} \text{H}_3\text{C} \\ \text{H}_3\text{C} \end{smallmatrix} > \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CN}$	Éb.	130°	} 10°
$\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CN}$	—	140°	
$\begin{smallmatrix} \text{H}_3\text{C} \\ \text{H}_3\text{C} \end{smallmatrix} > \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CN}$	Éb.	154°	} $8^\circ\text{--}9^\circ$
$\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CN}$	—	$162^\circ\text{--}163^\circ$	

B. — NITRO-PENTANE PRIMAIRE ET NORMAL
 $\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}_2(\text{NO}_2)$.

On sait que les dérivés halo-substitués des acides gras renfermant le composant $-\text{XHC} - \text{CO}(\text{OH})$ fournissent aisément, en perdant CO_2 , les nitro-paraffines immédiatement moins carbonées alors qu'on distille la solution de leurs sels avec un azotite alcalin (*). Ayant dû faire de l'acide α -*bromo-caproïque* $\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_3 - \text{CHBr} - \text{CO}(\text{OH})$, dans le but d'arriver à l'*aldéhyde valérique normale* $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH} = \text{O}$ en passant par l'acide oxy- $\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CO}(\text{OH})$, on en a utilisé une partie pour obtenir le *nitro-pentane normal et primaire* $\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}_2(\text{NO}_2)$, encore inconnu.

(*) C'est le procédé de Kolbe pour la préparation du *nitro-méthane* $\text{H}_3\text{C} - \text{NO}_2$. M. V. Auger-en a fait une heureuse application aux dérivés bromés, $-\text{CHBr} - \text{CO}(\text{OH})$, des acides plus carbonés que C_2 . Voir *Bulletin de la Société chimique de Paris*, t. XXIII, p. 355 (année 1900).

300 grammes d'acide caproïque α -mono-bromé, saturés au préalable par du carbonate sodique et dissous dans l'eau, ont été distillés avec un léger excès de nitrite de sodium. Une grande partie de l'acide bromé a été transformée en *acide oxy-*, qui est resté en dissolution à l'état de sel sodique, et l'on a recueilli environ 30 grammes de nitro-pentane $C_5H_{11}-NO_2$, ce qui équivaut à un rendement d'environ 18 %.

On a trouvé dans ce produit, dûment purifié, après dessiccation par $CaCl_2$ et rectification, 11.73 et 11.97 % d'azote, alors que la formule en demande 11.96.

Le *nitro-pentane normal et primaire* $H_3C-(CH_2)_3-CH_2-(NO_2)$ constitue un beau liquide, mobile et limpide, incolore, stable et ne s'altérant pas dans les conditions ordinaires, d'une odeur rance et d'une saveur sucrée.

Sa densité à 20° est égale à 0.9475. Son indice de réfraction étant 1.4218, son pouvoir réfringent moléculaire trouvé est de 31.37, alors que la formule correspond à 31.79.

Sa densité de vapeur a été déterminée selon la méthode de V. Meyer.

Substance.	0g.1096
Volume d'air expulsé.	23cc4
Température.	10°
Pression barométrique.	748mm.

Ce qui correspond à 3.84, alors que la densité calculée est 4.04.

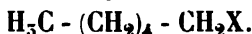
Ce corps bout, sous la pression de 760 millimètres, à 172°-173°, toute la colonne mercurielle dans la vapeur; à 88°-90° sous la pression de 64 millimètres.

Le pentane mono-nitré dichotomique $(\text{H}_3\text{C})_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2(\text{NO}_2)$ bout à la température de 164° (Mousset) (*). On voit qu'entre ces deux corps existe, quant à la volatilité, une parfaite concordance.

La même concordance existe à cet étage entre les *dérivés nitrés* et leurs isomères, les *éthers nitreux*, primaires, normaux et dichotomiques, quant à leur volatilité relative.

$\begin{smallmatrix} \text{H}_3\text{C} \\ \text{H}_3\text{C} \end{smallmatrix} > \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2(\text{O}.\text{NO})$	Éb. $95^\circ - 96^\circ$	} 68°
. $-\text{CH}_2(\text{NO}_2)$	— 164°	
$\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2(\text{O}.\text{NO})$	Éb. 104° (**)	} 68°
. $-\text{CH}_2(\text{NO}_2)$	— 172°	

C. — DÉRIVÉS HEXyliques NORMAUX ET PRIMAIRES



M. Bouveault (***) a fait connaître une méthode avantageuse de transformation — et même de préparation — des acides gras en leurs alcools. Elle consiste dans la réduction vive de leurs *éthers* $-\text{CO}(\text{OC}_2\text{H}_5)$, etc., ou de

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), année 1904, p. 625. C'est le point d'ébullition que M. Brühl avait déjà attribué à ce composé.

(**) Le *nitrite d'amylo normal et primaire* a été préparé par un de mes élèves, M. Pexsters. Il sera décrit dans un travail spécial sur l'*alcool amylique* $\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}_2(\text{OH})$.

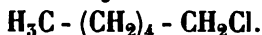
(***) L. BOUVEAULT et G. BLANC, *Bulletin de la Société chimique de Paris*, t. XXXI, pp. 666 et suiv. (année 1904).

leurs *amides* - $\text{CO}(\text{NH}_2)$, par le sodium en présence d'alcools libres, tels que $\text{C}_2\text{H}_5 - \text{OH}$, $\text{C}_5\text{H}_{11} - \text{OH}$, etc.

On a mis, dans mon laboratoire, avec grand succès cette méthode en pratique pour obtenir l'*alcool hexylique* normal et primaire, $\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}_2 - (\text{OH})$.

Dans une première opération, 42 grammes de caproate d'éthyle dissous dans l'alcool éthylique anhydre ont fourni 21 grammes d'alcool hexylique bouillant à 155° - 156° . Il en aurait fallu recueillir 30 grammes. Le rendement est donc de 70 %. Une deuxième opération, faite sur une plus grande échelle, a donné le même rendement. Une condition essentielle du succès de ces opérations est que l'alcool employé soit complètement anhydre, afin d'éviter, autant que possible, l'empatement des fragments du sodium (*).

a) *Chlorure d'hexyle normal et primaire*



Ce corps est peu connu aujourd'hui. M. Lieben l'a laissé presque complètement de côté dans son beau travail sur l'*alcool hexylique* primaire et normal, produit de l'hydrogénation de l'aldéhyde $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH} = \text{O}$ (**).

(*) L'alcool éthylique destiné à ces réductions, débarrassé déjà autant que possible de toute eau par la chaux vive, a d'abord été soumis à l'action d'une certaine quantité de sodium, et dans cette solution étendue d'éthylate et d'hydroxyde sodiques, on a introduit une certaine quantité d'acétate d'éthyle anhydre. On arrive ainsi à se débarrasser de toute la soude caustique formée et en fin de compte de toute trace d'eau.

(**) AD. LIEBEN et G. JANECEK, *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CLXXXVII, p. 126, année 1877.

Pour l'obtenir de la manière la plus économique, on a mélangé l'alcool C_6 avec son volume d'acide HCl aq fumant où il se dissout en partie. Le liquide a été saturé d'acide HCl gazeux, et resaturé à froid après avoir été une première fois chauffé, en vase clos, au bain d'eau. Après une nouvelle caléfaction à 100° , l'éthérification a été regardée comme complète. Le produit formé constituait une couche supérieure surnageante qui, recueillie, a été desséchée par $CaCl_2$ et soumise à la rectification. Le rendement de l'opération approche de l'intégralité.

On a trouvé dans ce produit 29.08 % de chlore; la formule en demande 29.46.

Le *chlorure d'hexyle normal et primaire* ainsi formé $H_3C - (CH_2)_4 - CH_2Cl$ constitue un liquide incolore, mobile, d'une agréable odeur éthérée, d'une saveur piquante, insoluble et plus léger que l'eau.

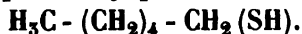
Sa densité à 20° est égale à 0.8720. Son indice de réfraction est 1.42441, d'où l'on déduit, pour le pouvoir réfringent moléculaire, 33.26, alors que la formule correspond à 34.66.

Il bout à 134° - 135° sous la pression de 763 millimètres, toute la colonne mercurielle dans la vapeur.

Sa densité de vapeur a été déterminée par la méthode V. Meyer.

Substance.	0gr1014
Volume d'air expulsé.	19,9 ^{cc}
Température.	10°
Pression barométrique	748 ^{mm} .

Ces données correspondent à 4.20, alors que la densité calculée est 4.14.

b) *Mercaptan hexylique normal et primaire*

Il y a dans la série homologue des *mercaptans primaires et normaux* $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_n - \text{CH}_2(\text{SH})$ une lacune regrettable : les termes en C_5 et en C_6 manquent.

Elle est comblée aujourd'hui (*). Je ne m'occuperai ici que du mercaptan hexylique.

On a d'abord transformé en iodure le *chlorure d'hexyle normal* en le chauffant dans un appareil à reflux avec de l'iodure sodique sec en dissolution dans l'alcool méthylique. On a ainsi recueilli 21 grammes d'iodure hexylique $\text{C}_6\text{H}_{13} - \text{I}$, soit un dixième de molécule. Cet iodure a été introduit dans la solution alcoolique d'une quantité équivalente d'hydrosulfure potassique KSH; on a chauffé pendant quelque temps dans un appareil à reflux. Il s'est fait une abondante précipitation d'iodure potassique. Étendue d'eau, la liqueur laisse séparer une huile surnageante qui constitue l'*hydrosulfure hexylique* $\text{C}_6\text{H}_{13} - \text{SH}$. Recueillie et desséchée à l'aide de CaCl_2 , cette huile a été soumise à la distillation. On recueille, en

(*) Un de mes élèves, M. Pexsters, a préparé le *mercaptan pentylique* $\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}_2(\text{SH})$, qui bout à 126°-127°.

Les séries des *mercaptans primaire, secondaire, etc.*, sont intéressantes à étudier, au point de vue de la volatilité, par rapport à celles des alcools correspondants. Je m'occuperai de cet objet dans une communication prochaine. En ce moment, la série des *mercaptans primaires et normaux* $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_n - \text{CH}_2(\text{SH})$ est complète depuis C_4 jusqu'à C_8 inclus, et celle des *mercaptans secondaires et normaux* $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_n - \text{CH}(\text{SH}) - \text{CH}_3$ le sera prochainement depuis C_3 , son origine, jusqu'à C_8 inclus également.

premier lieu, la portion qui passe de 145° à 152° et qui constitue la majeure partie du liquide. Soumise à une seconde distillation, cette portion a passé presque totalement vers 149° sous la pression de 768 millimètres, toute la colonne mercurielle dans la vapeur.

Le mercaptan hexylique normal et primaire ainsi obtenu $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}_2(\text{SH})$ constitue un liquide limpide, incolore, d'une odeur fort pénétrante, nauséabonde et désagréable au possible.

Sa densité à 20° est égale à 0.8486. Il est insoluble dans l'eau qu'il surnage. Il bout, sous la pression de 768 millimètres, à 149°-150°.

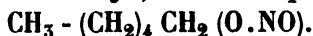
On y retrouve les propriétés habituelles et caractéristiques de cette classe de composés.

Le grand traité de Beilstein (*) signale comme *mercaptan hexylique normal* le produit décrit en 1862 par Pelouze et Cahours (**) comme bouillant à 145°-148°, résultant de l'action, sur la solution alcoolique de KHS, de l'hexane monochloré $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{Cl}$, obtenu directement par le chlore sur l'hexane des pétroles américains. On sait que, dans ces conditions, les corps halogènes déterminent surtout des dérivés secondaires $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CHX} - \text{CH}_3$. Il est probable que ce mercaptan est le *mercaptan secondaire proprement dit* $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}(\text{SH}) - \text{CH}_3$, éb. 142°, qui a été fait directement quelques années plus tard, en 1865, par MM. E. Erlenmeyer et J.-A. Wanklyn (***), à l'aide de l'iodure d'hexyle mannitique $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CHI} - \text{CH}_3$ sur le sulfhydrate potassique.

(*) T. I, p. 350.

(**) *Comptes rendus*, t. LIV, p. 1241.

(***) *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CXXXV, p. 150.

c) *Nitrite d'hexyle, normal et primaire*

Cet éther a été préparé par la méthode de Witt.

L'alcool hexylique ne se dissout pas dans la solution aqueuse du nitrite sodique; on verse dans le liquide, par portions successives, de l'acide sulfurique étendu, en ayant soin de bien agiter. L'éther nitreux formé surnage. Recueillie, cette couche liquide a été desséchée à l'aide du nitrate calcique, puis soumise à la distillation.

Ce *nitrite hexylique* $\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_4 - \text{H}_2\text{C} . (\text{O} . \text{NO})$ constitue un liquide légèrement jaunâtre, mobile.

Sa densité à 20° est égale à 0.8851. Son indice de réfraction est 1.40181, d'où l'on déduit, pour le pouvoir réfringent moléculaire, 35.96, alors que la formule correspond à 35.79.

Ce corps exhale une agréable odeur. Il est insoluble dans l'eau qu'il surnage.

Il bout, sous la pression de 774 millimètres, à 129°-130°, toute la colonne mercurielle dans la vapeur.

Au contact de l'alcool méthylique, il émet des vapeurs de *nitrite de méthyle* $\text{H}_3\text{C} . (\text{O} . \text{NO})$, en même temps que l'alcool hexylique est régénéré. C'est la belle réaction signalée par G. Bertoni.

Comme tous les éthers nitreux, ce produit ne se conserve pas bien dans les conditions habituelles; il s'oxyde spontanément et devient acide.

d) *Nitro-hexane primaire* $\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}_2(\text{NO}_2)$.

Ce produit résulte de l'action de l'*iodure d'hexyle* $\text{C}_6\text{H}_{13} - \text{I}$ (*) normal et primaire sur le nitrite d'argent AgNO_2 . Ont été mis en réaction 63 grammes d'iodure et 55 grammes de nitrite, ce qui représente un excès d'environ 10 grammes.

Le nitrite pulvérulent est mis en suspension dans de l'éther; on ajoute petit à petit l'iodure, qui détermine après quelque temps une réaction modérée, suffisante toutefois pour maintenir l'éther en ébullition. On filtre et on lave à l'éther le précipité formé. Le liquide restant après l'expulsion de l'éther est soumis à la distillation. Le thermomètre s'élève lentement jusque vers 150° , où il se maintient pendant quelque temps stationnaire; ce qui passe jusque-là, c'est du *nitrite d'hexyle*, éb. $129^\circ\text{--}130^\circ$, dont on peut retirer l'alcool hexylique par la méthode de Bertoni, action directe de l'alcool méthylique. Après, le thermomètre s'élève à $190^\circ\text{--}198^\circ$, où tout passe. Vers 190° , le produit noircit quelque peu. On le soumet à une seconde distillation, et pour l'avoir d'un bel aspect, on le distille sous pression raréfiée; sous la pression de 75 millimètres, il passe à 112° .

(*) Cet iodure hexylique a été fait par la méthode ordinaire : réaction du phosphore rouge pulvérulent en présence de l'iode sur l'alcool hexylique légèrement aqueux. 103 grammes d'alcool hexylique pur ont été mis en réaction en un coup. On y ajoute la quantité nécessaire de Ph rouge, en poudre, puis après, petit à petit, l'iode en léger excès, et l'on chauffe au bain d'eau pendant quelque temps. Par l'addition de l'eau, l'éther formé tombe au fond. On en a recueilli ainsi 103 grammes, ce qui représente un rendement presque intégral. On rectifie le produit sous pression raréfiée.

L'analyse de ce composé a fourni le résultat suivant : azote trouvé : 10.34 et 10.30 %; la formule correspond à 10.68.

Le *nitro-hexane* $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}_2 - (\text{NO}_2)$ ainsi obtenu est analogue au *nitro-pentane* que j'ai décrit plus haut. C'est un beau liquide, incolore, mobile, faiblement odorant, d'une saveur douceâtre, insoluble dans l'eau et stable dans les conditions ordinaires.

Sa densité à 20° est égale à 0.9488.

Sous la pression de 765 millimètres, il bout à 193°-194°; à 112° sous la pression de 75 millimètres, comme je l'ai déjà dit plus haut.

Ce composé présente la réaction de V. Meyer, caractéristique des dérivés nitrés primaires.

De même que le *nitro-pentane*, le *nitro-hexane* se condense avec les aldéhydes aliphatiques; mais la présence des composants - C_4H_9 et - C_5H_{11} , qui représentent une fraction si considérable du poids de la molécule totale, a notablement affaibli cette propriété dans son intensité; avec le méthanal, l'aldéhyde *au maximum*, $\text{H}_2\text{C} = \text{Oaq}$, elle nécessite, comme stimulant, la potasse caustique elle-même; son carbonate K_2CO_3 y suffit à peine.

Ce produit n'est pas absolument nouveau : il a déjà été signalé à deux reprises différentes et fait par deux procédés distincts; mais je puis dire qu'il n'a jamais été décrit avec son caractère véritable de volatilité, et c'est pourquoi j'ai cru devoir y revenir.

Un chimiste américain, R.-A. Worstall (*), prétend l'avoir obtenu par l'action de l'*acide nitrique fumant* sur

(*) *American Chemical Journal*, t. XX, pp. 206 et suiv., année 1898.

l'*hexane normal* (éb. $68^{\circ}5-69^{\circ}5$). Il le décrit comme bouillant à $180^{\circ}-183^{\circ}$. Un chimiste russe, Konowaloff, s'était occupé précédemment, au cours d'un grand travail sur la *Nitration directe des paraffines* (*) sous l'action de l'*acide azotique aqueux* (**), d'un produit analogue obtenu à l'aide de ce même hexane normal. Il avait trouvé qu'il bouillait à $175^{\circ}-177^{\circ}$ et avait pour densité, à 20° , 0.9357. Sa transformation en *hexylamine secondaire* $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{CH}_3$, éb. $116^{\circ}-118^{\circ}$, et en *cétone méthyl-butylque* $\text{CH}_3 - \text{CO} - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}_3$ lui avait fait regarder ce nitro-hexane comme constituant le dérivé *secondaire* $\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}(\text{NO}_2) - \text{CH}_3$. M. Konowaloff est certainement dans le vrai en ce qui concerne le composé qu'il a examiné. Cela étant, et tenant compte des constatations rapportées par M. Worstall, on est autorisé à admettre que le produit qui résulte de l'action de l'acide azotique fumant est un mélange du dérivé *primaire* $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}_2(\text{NO}_2)$ que je viens de décrire et du dérivé *secondaire* $\text{CH}_3 - (\text{H}_2\text{C})_3 - \text{CH}(\text{NO}_2) - \text{CH}_3$.

Plus récemment, en 1900, ce même *nitro-hexane primaire* a été préparé par M. V. Auger (***) et décrit comme bouillant à $178^{\circ}-181^{\circ}$ (non corr.) sous la pression ordinaire. M. Auger l'a obtenu par la méthode de Kolbe, dont il a généralisé l'application d'une manière si intéressante, c'est-à-dire par l'action du nitrite sodique sur la solution du sel potassique de l'acide α bromo-

(*) *Comptes rendus*, t. CXIV, p. 26, année 1892.

(**) De l'acide azotique d'une densité égale à 1.075, renfermant 13 % d'acide HNO_3 .

(***) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, t. XXIII, p. 335 (année 1900).

œnanthylque $\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{CHBr}-\text{CO}(\text{OH})$. Cette méthode est sûre quant à la nature du dérivé nitré qu'elle fournit, mais parfois peu avantageuse quant à son rendement. Peut-être le produit de M. Auger renfermait-il du *nitrite heptylique* $\text{C}_6\text{H}_{13} \cdot (\text{ONO})$, lequel bout à 130° .

Je crois que ce nitro-hexane, *primaire* et *normal*, pourrait s'obtenir encore selon le procédé de Bewad (*) légèrement modifié, par la réaction du *bromo-nitro-méthane* $\text{H}_2\text{C} < \begin{smallmatrix} \text{Br} \\ \text{NO}_2 \end{smallmatrix}$ sur le dérivé magnésien du *bromure d'amyle normal* $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_2\text{Br}$. On sait que Bewad a fait usage des composés organo-zinciques, composés d'une préparation et d'un maniement moins commodes assurément que ceux des dérivés magnésiens dont la méthode de Grignard fait un si heureux usage.

e) *Nitrile œnanthylque ou heptylique normal*



Ce nitrile résulte de l'action de l'iodure d'hexyle normal et primaire sur le cyanure de potassium.

42 grammes d'iodure, soit deux dixièmes de molécule, ont été mis en réaction. Le cyanure de potassium, en léger excès, a d'abord été dissous dans un peu d'eau à chaud; l'addition de l'alcool fort en certaine quantité à cette solution concentrée en précipite le cyanure potassique sous forme d'une fine poussière, aisément atta-

(*) *Journal für praktische Chemie*, t. XLVIII (2), pp. 345 et suiv. (année 1893).

quable. On a ajouté à cette masse liquide l'iodure hexylique et l'on a chauffé pendant environ deux heures dans un appareil à reflux. Le liquide ne s'est pas modifié extérieurement. Après l'expulsion de l'alcool au bain d'eau, on a ajouté à la masse restante de l'eau qui a déterminé la formation d'une couche liquide surnageante. Celle-ci a été recueillie, desséchée par CaCl_2 et soumise à la distillation. A l'odeur, on constate qu'il s'est formé dans cette opération une certaine quantité, faible d'ailleurs, d'*isonitrile*.

On a trouvé dans ce produit 12.54 et 12.51 % d'azote, alors que la formule en demande 12.61.

Le *nitrile heptylique* ou *œnanthylique* $\text{H}_5\text{C} - (\text{CH}_2)_5 - \text{CN}$ ainsi formé est analogue en tous points au *nitrile caproïque* décrit plus haut. C'est un liquide mobile, parfaitement incolore, exhalant une odeur très forte, agréable, mais d'une saveur hautement désagréable; il est insoluble dans l'eau qu'il surnage. Sa densité à 20° est égale à 0.8153.

Il bout sans décomposition à 183°-184°, sous la pression de 763 millimètres.

Son indice de réfraction, déterminé dans l'appareil de Püfrich, est 1.4195. On en déduit pour le pouvoir réfringent moléculaire 34.36, alors que la théorie correspond à 34.315.

Afin d'en bien constater la nature, on en a transformé une partie en son éther éthylique. Son mélange avec de l'alcool fort en excès a été additionné de quelques gouttes d'acide sulfurique et chauffé pendant environ une demi-heure dans un appareil à reflux. Il s'est fait un précipité de sulfate ammonique; après l'expulsion de l'alcool et l'addition de l'eau, on a

recueilli une couche surnageante d'*œnanthylate éthylique* $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CO} - (\text{OC}_2\text{H}_5)$, bouillant à $187^\circ\text{--}188^\circ$, sous la pression de 760 millimètres.

Ce produit, comme le précédent, n'est pas absolument nouveau, mais le signalement qu'on lui attribue m'a paru n'être pas celui d'un produit d'une pureté absolue. J'ai cru utile de le faire par une méthode autre que celle employée auparavant.

Le *nitrile heptylique* ou *œnanthylique* $\text{C}_6\text{H}_{13} - \text{CN}$ a été fait pour la première fois en 1877, dans le laboratoire de Gorup-Besanez, à Erlangen, par un de ses élèves, M. Th. Mehlis (*), qui l'a obtenu en distillant l'acide œnanthylique avec du sulfocyanate de potassium. Il le décrit comme bouillant à $175^\circ\text{--}178^\circ$ dans les conditions ordinaires. Le nitrile *valérique* normal $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}$ bouillant à 140° et le nitrile *caproïque* $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CN}$ à $162^\circ\text{--}165^\circ$, ce chiffre m'a paru être évidemment en dessous de la réalité.

Plus tard, à partir de 1888, et surtout en 1890 et en 1891, ce produit, de même que certains de ses homologues inférieurs en carbone, a été retrouvé dans des circonstances extraordinaires quant à sa formation.

Un chimiste finlandais, M. H.-A. Wahlforss, a recueilli, dans l'oxydation de l'huile de ricin par l'acide nitrique, 4 à 5 % d'une huile neutre bouillant de 140° à 250° et qu'il a reconnue être constituée des nitriles normaux en C_6 éb. $162^\circ\text{--}168^\circ$, en C_7 éb. $180^\circ\text{--}185^\circ$ et en C_8 éb. $200^\circ\text{--}210^\circ$ (**).

(*) *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CLXXXV, p. 358.

(**) *Berichte*, t. XXIII; *Referate*, p. 404, 1890.

Ce travail a été refait l'année suivante, en 1891, par MM. C. Hell et C. Kitrosky, à Stuttgart, qui ont constaté dans le même produit la présence en faible quantité des nitriles normaux en C_4 et en C_5 (*). Cette réaction ne constitue évidemment qu'un mode de formation intéressant, car de 1230 grammes de produit volatil recueillis dans ces conditions, ces auteurs n'ont retiré que 70 grammes de composés neutres de genre nitrilique. Le reste est constitué par des acides gras. L'oxydation de 200 grammes d'œnanthol n'a fourni à MM. Hell et Kitrosky que 2 grammes environ de nitrile, soit 1 %.

Ces travaux intéressants ont, semble-t-il, attiré peu l'attention, et je n'en ai eu connaissance qu'après avoir terminé tout ce qui a rapport aux nitriles caproïque et œnanthylique. Le travail de M. Wahlforss n'est pas signalé dans le traité de Beilstein, ni dans son supplément à l'article des nitriles en C_6 et en C_7 . Dans les quelques lignes consacrées au nitrile œnanthylique, on cite MM. Hell et Kitrosky, mais sans aucune indication spéciale se rattachant à la volatilité de ce produit.

La comparaison, au point de vue de la *volatilité*, des dérivés fonctionnels correspondant aux divers étages de la série de carburation fournit des indications d'un haut intérêt sous divers rapports. Je me propose de faire cette étude dans une communication spéciale, et je me bornerai aujourd'hui à comparer la série des *nitriles normaux* $CH_3 - (CH_2)_n - CN$ à celle des alcools correspondants $CH_3 - (CH_2)_n - CH_2 \cdot OH$.

(*) *Berichte*, t. XXIV, p. 970, 1891.

C_4	$H . CN$	Éb. 26°	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} + 40^\circ$
	$H . CH_2(OH)$	— 66°	
C_5	$H_3C - CN$	Éb. 82°	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} - 4^\circ$
	$H_3C - CH_2(OH)$	— 78°	
C_6	$H_3C - CH_2 - CN$	Éb. 98°	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} - 1^\circ$
	$H_3C - CH_2 - CH_2(OH)$	— 97°	
C_7	$H_3C - (CH_2)_2 - CN$	Éb. 118°	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} - 2^\circ$
	$H_3C - (CH_2)_2 - CH_2(OH)$	— 116°	
C_8	$H_3C - (CH_2)_3 - CN$	Éb. 140°	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} - 4^\circ$
	$H_3C - (CH_2)_3 - CH_2(OH)$	— 136°	
C_9	$H_3C - (CH_2)_4 - CN$	Éb. 162°	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} - 6^\circ$
	$H_3C - (CH_2)_4 - CH_2(OH)$	— 156°	
C_{10}	$H_3C - (CH_2)_5 - CN$	Éb. 183°	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} - 8^\circ$
	$H_3C - (CH_2)_5 - CH_2(OH)$	— 175°	

On aperçoit de suite ce qu'il y a de spécialement extraordinaire, à l'étage C_1 , entre l'acide cyanhydrique et l'alcool méthylique.

Je ne terminerai pas cette notice sans reconnaître, pour l'en remercier, la part considérable qui revient dans la partie expérimentale de ce travail à mon assistant, M. Auguste De Wael, dont j'ai déjà eu à louer précédemment le zèle et l'habileté.

Sur la présence du chrome et du vanadium dans le terrain houiller de Liège; par A. Jorissen, professeur à l'Université de Liège, membre de l'Académie.

Des recherches effectuées dans ces dernières années, notamment, ont permis de constater l'extrême diffusion de certains éléments qui constituent des espèces minérales rares. Le sélénium, l'arsenic, le titane, le bore, le cérium, le lithium, par exemple, se trouvent disséminés en très petites quantités dans beaucoup de roches ou de minéraux.

La recherche de ces éléments, considérés comme rares, dans les sols divers, n'intéresse pas seulement le géologue; elle peut aussi fournir des données importantes au toxicologue et à l'expert chargé de déterminer l'origine de produits dont l'analyse chimique révèle parfois l'existence au voisinage d'usines affectées aux opérations métallurgiques.

Depuis longtemps déjà, je me suis appliqué à cette étude, et, dès 1896, je signalais la présence, dans le terrain houiller de Liège, d'éléments rares et dont quelques-uns, le molybdène et le bismuth, par exemple, n'avaient pas encore été extraits du sol de la Belgique (1).

Pour l'extraction de ces produits, j'utilise les suies et

(1) *Sur la présence du molybdène, du bismuth et du sélénium dans le terrain houiller de Liège*. (ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, t. XXIII.)

Sur la présence du tellure et du bismuth dans la galène de Nil-Saint-Vincent. (BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, t. XV.)

poussières recueillies dans les tuyaux qui relient la cheminée d'appel à un calorifère destiné à chauffer une touraille à air chaud. Ce calorifère est surveillé d'une manière spéciale et est alimenté exclusivement au moyen de houille provenant du charbonnage de La Haye, à Liège.

Un grand nombre d'échantillons de suies et poussières provenant de diverses usines utilisant exclusivement le charbon du bassin liégeois, présentent, du reste, au point de vue de la présence des corps rares, la plus grande analogie avec les dépôts des conduites du calorifère en question.

Au moyen de ces suies et poussières, j'ai pu, jusqu'à présent, préparer des échantillons de sélénium et de composés des éléments suivants : arsenic, antimoine, molybdène, cuivre, plomb, bismuth, thallium, nickel, cobalt, zinc, titane (1), baryum.

Des essais récents me permettent d'ajouter à cette liste le chrome et le vanadium, qui existent non seulement dans les poussières dont il est fait mention plus haut, mais que l'on peut séparer aussi en opérant sur le schiste houiller même.

Je ne sache pas que, jusqu'à présent, l'existence du chrome ait été signalée dans le sol de la Belgique.

Voici la description de la méthode qui a été appliquée pour l'extraction des composés de chrome et de vanadium :

Les suies et poussières sont d'abord soigneusement

(1) *Bulletins de l'Académie royale de Belgique* (Classe des sciences), n° 9-10, pp. 902-907, 1903.

grillées. On mélange alors la masse avec une égale quantité de nitrate potassique pulvérisé, puis on chauffe le tout au rouge pendant une heure environ (1). Après refroidissement, on épuise par l'eau et on filtre. La solution *jaune* est additionnée d'un excès d'acide sulfurique dilué, puis on évapore. Le résidu, nettement coloré en vert (le chromate est réduit par l'acide nitreux qui s'est dégagé), est repris par l'eau, et on filtre la solution. Celle-ci est alors saturée d'acide sulfhydrique; après vingt-quatre heures, on filtre pour séparer les sulfures précipités, on concentre le liquide filtré, on l'additionne d'un léger excès d'ammoniaque et de sulfure ammonique et l'on chauffe quelque temps. On sépare par filtration le précipité qui renferme le chrome et l'on réserve le liquide filtré brun pour la recherche du vanadium. Le précipité ayant été dissous dans l'acide chlorhydrique dilué, on évapore la solution, qui présente une coloration verte très nette. Il est facile d'y déceler le chrome par les diverses réactions qui caractérisent les composés chromiques. En opérant sur 20 grammes de suie grillée, on extrait une quantité de produits suffisante pour identifier le chrome, et j'ai pu préparer un échantillon notable de chromate plombique en partant de 100 grammes de matière.

Un dosage effectué sur 20 grammes de suie grillée a permis de retirer 8 milligrammes d'oxyde chromique, soit 0.04 %.

(1) On emploie de préférence pour cet essai un creuset en fer. Je tiens à faire remarquer cependant que la recherche réussit également quand on utilise un creuset de porcelaine. Il est utile d'ajouter cette observation pour montrer que le chrome ne provient pas du métal du creuset. J'ai pu m'assurer du reste que ce métal est exempt de chrome et de vanadium.

Le liquide brun, dont on a séparé l'hydrate chromique par filtration, est additionné d'un excès d'acide acétique, puis chauffé au bain-marie. Il abandonne peu à peu un précipité floconneux brun que l'on reçoit sur un filtre. Après lavage, on sèche et l'on incinère dans un creuset de porcelaine; on ajoute quelques gouttes d'acide nitrique, puis on évapore à siccité. On remarque alors sur le fond du creuset un dépôt brun dont la solution dans l'acide sulfurique dilué donne avec la plus grande netteté la réaction caractéristique du vanadium (coloration rouge sang de la solution acide, après agitation avec de l'éther et quelques gouttes d'une solution de peroxyde d'hydrogène).

En opérant sur une quantité notable de matière, on isole une dose de composés de vanadium suffisante pour identifier parfaitement ceux-ci par les diverses réactions.

On peut déceler aussi le chrome et le vanadium en soumettant au traitement décrit ci-dessus, non pas les suies et poussières provenant de la combustion du charbon, mais le schiste houiller même.

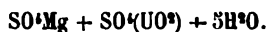
Comme on le sait, on voit généralement, à proximité des charbonnages, d'énormes amas de schistes houillers (*terrils*), qui souvent sont le siège de combustions lentes.

Après la combustion, le *terril* a changé d'aspect, et les matériaux qui le constituent ont pris une coloration rouge.

En appliquant le procédé d'extraction adopté pour les suies et poussières au traitement de la matière rouge provenant d'un *terril* du charbonnage du Bois-d'Avroy, à Liège, jadis en combustion, j'ai pu déceler nettement le chrome et le vanadium dans les schistes en question.

Sur un sulfate double de magnésium et d'uranyle () ;
par MM. Oechsner de Coninck et Chauvenet.*

Nous avons obtenu ce sel par la méthode d'Ebelmen ,
c'est-à-dire en faisant cristalliser un mélange équimo-
léculaire des deux constituants. Il répond à la formule



Il se distingue donc nettement de l'hydrate à $2\text{H}^{\cdot}\text{O}$
précédemment décrit.

COMITÉ SECRET.

La Classe se forme en comité secret pour prendre
connaissance de la liste des candidatures présentées par
les sections pour les places vacantes.

(*) Institut de chimie générale, Université de Montpellier.



OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Dewalque (G.). Un précurseur oublié, inconnu aux chercheurs de houille dans le Limbourg. Liège, 1903; extr. in-8° (1 pl.).

Harckman (P.). Contribution à l'étude de la pile. Liège, 1903; in-8° (29 p.).

Kerremans (Ch.). Faune entomologique de l'Afrique tropicale: Buprestides. I. Introduction — Julodines. Bruxelles, 1903; in-4° (63 p. et 1 pl.).

De Pauw (L.-P.). Quelques considérations sur l'Okapi. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (4 p.).

Meunier (Fernand). Beitrag zur Syrphiden-Fauna des Bernsteins. Berlin, 1904; extr. in-8° (10 p. et 1 pl.).

— Beitrag zur Fauna der Bibioniden, Simuliden und Rhyphiden des Bernsteins. Berlin, 1904; extr. in-8° (14 p. et 1 pl.).

— Eine neue Blattinaria aus der oberen Steinkohlenformation. Berlin, 1904; extr. in-8° (5 p. et 1 pl.).

— Un nouveau genre de Sciaridae de l'ambre. Moulins, 1903; extr. in-8° (4 p.).

— Sur un Corethra de l'ambre de la Baltique. Paris, 1904; extr. in-8° (3 p.).

— Sur une Cicodine du Kiméridgien de la Sierra del Montsech (Catalogne). Paris, 1904; extr. in-8° (3 p.).

— Contribution à la faune des Heomyzinae de l'ambre de la Baltique. Paris, 1904; extr. in-8° (6 p. et fig.).

Meunier (Fernand). Contribution à la faune des Acalyp-
tères agromyzinae de l'ambre. Bruxelles, 1904; extr. in-8°
(6 p. et 1 pl.).

— Sur deux Mymaridae de l'ambre de la Baltique. Nar-
bonne, 1905; extr. in-8° (4 p.).

Prinz (W.). Service météorologique de Belgique. Étude
de la forme et de la structure de l'éclair par la photogra-
phie. Bruxelles, 1903; extr. in-4° (34 p.).

Observatoire royal de Bruxelles. Annales, nouvelle série :
Annales astronomiques, tomes VI-VIII, tome IX, fascicule I.
— Physique du globe, tomes I et II. 1887-1904; 6 vol.
in-4°.

— Annuaire astronomique pour 1906, publié par les
soins de G. Lecointe, directeur. Bruxelles, 1905; in-12.

—

ALLEMAGNE ET AUTRICHE-HONGRIE.

ERLANGEN. *Physikalisch medizinische Sozietät.* Sitzungs-
berichte, 35. Heft, 1903.

BERLIN. *Königl. Technische Hochschule.* Die geschicht-
liche Entwicklung der farbigen Photographie. Rede, am
26. Januar 1905; gr. in-8°.

MUNICH. *Kön. Akademie der Wissenschaften.* Ueber Wert
und angeblichen Unwert der Mathematik. Festrede, am
14. März 1904 (Alfred Pringsheim). 1904; in-4°.

— Zum Andenken an Karl von Zittel. Rede, am
14. März 1904 (K.-Th. von Heigel). 1904; in-4°.

BRUNN. *Naturforschender-Verein.* Beitrag zur Kenntniss
der Niederschlagsverhältnisse Mährens und Schlesiens. Mit
einer Karte (Hermann Schindler). 1904; in-4° oblong.

Vienne. *K. K. Gradmessungs Bureau*. Astronomische Arbeiten, XIII. Band : Längenbestimmungen. 1903; in-4°.

Briquet (John). Texte synoptique des documents destinés à servir de base aux débats du Congrès international de nomenclature botanique de Vienne 1905, présenté au nom de la Commission internationale de nomenclature botanique. Berlin, 1905; in-4° (160 p.).

PARIS. *Observatoire*. Atlas photographique de la Lune, 8° fascicule. Paris, 1904; cahier in-4°, planche *h* et planches XLII à XLVII.

— *Museum d'histoire naturelle*. Nouvelles Archives, tome VI, 1^{re} et 2^e fascicules. 1904; in-4°.

— *Académie des sciences*. La montagne Pelée et ses éruptions, par A. Lacroix. 1904; vol. in-4°.

CAP (LE). *Observatory*. Annals, vol. IX. 1903; in-4°.

GREENWICH. *Royal Observatory*. Observations and results, 1901. Astrographic catalogue, 1900 (Greenwich section, volume I). 5 vol. in-4°.

CALCUTTA. *Government of India*. Census of India, 1901, volume I : Report. — Tables. — Ethnographic appendices. 1903; 3 vol. gr. in-8°.

PERTH. *Geological Survey*. Bulletin, nos 2, 3, 8-13 and 15. 1898-1904; 12 cahiers in-8°.

Galilée. Le opere di Galileo Galilei, volume XV. Florence, 1904; in-4°.

Brioschi (Francesco). Opere matematiche, tome III. Milan, 1904; in-4°.

Popoff (Gabriel). Médecine populaire russe se basant sur les us et coutumes du peuple. Saint-Pétersbourg, 1903; in-8° (404 p. en russe).

Sanchez (Pedro-Gomez). L'énergie obtenue par l'énergie. Madrid, 1903; pet. in-8° oblong (32 p.).

MADRID. *Real Academia de ciencias exactas.* Anuario, 1903; in-24.

HALD. *Station franco-scandinave de sondages aériens.* Travaux, 1902-1903. Viborg (Danemark), 1904; in-4° (160 p.).

GENÈVE. *Société de physique et d'histoire naturelle.* Mémoires, volume XXXIV. 1902-1903; in-4°.

BERGEN. *Museum.* Hydrological and biological investigations in Norwegian Fiords, by O. Nordgaard. The protist Plankton and the Diatoms in Bottom samples; by E. Jorgensen, with 21 plates and 10 figures in the text. Bergen, 1903; in-4°.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1905. — N° 5

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 9 mai 1905.

M. P. DE HEEN, directeur.

M. le chevalier EDM. MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. V. Masius, *vice-directeur*; G. Dewalque, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Plateau, Jos. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, C. Le Paige, Ch. Lagrange, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, A. Lancaster, L. Errera, Julien Fraipont, A. Jorissen, Paul Pelseneer, *membres*; M. Delacre, *correspondant*.

M. Th. Durand, correspondant, fait savoir qu'il doit se rendre à Liège au Congrès d'horticulture; il s'excuse de ne pouvoir assister aux séances de mai.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Industrie et du Travail adresse un exemplaire du tome VII, série B, de la *Bibliographia geologica*, par Michel Murlon et G. Simoens.

— Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Essai de carte tectonique de la Belgique et des provinces voisines*; brochure avec une carte; par G. Dewalque;

2° *Compte rendu de l'excursion géologique aux environs de Bruxelles, le 20 juin 1904*; par M. Murlon;

3° *Traité de chimie minérale* publié sous la direction de Henri Moissan, associé de l'Académie, tome II, fasc. 1, et tome IV, fasc. 1;

4° *The Story of the Congo Free State*; par Henri Wellington Wack F. R. G. I. (présenté par M. Delacre, avec une note qui figure ci-après).

— Remerciements.

**INAUGURATION A GEMBOUX DU MÉDAILLON] DU PROFESSEUR
ÉMILE LAURENT, CORRESPONDANT DE LA CLASSE DES
SCIENCES.**

Ce médaillon, témoignage d'admiration et d'estime des professeurs, élèves et anciens élèves de l'Institut agricole de Gembloux, a été inauguré le dimanche 7 mai, à 14 h. 30 m., dans l'ancien laboratoire du regretté défunt, devant une assistance très nombreuse.

Divers discours ont été prononcés par MM. Hubert, directeur de l'Institut; H. Kufferath, ingénieur agricole, au nom des élèves et anciens élèves; Schloesing fils, délégué de l'Académie des sciences de Paris; Boullanger, délégué des Instituts Pasteur de Lille et de Paris; C. Malaise, délégué de l'Académie royale de Belgique, et Léo Errera, au nom de l'Université libre de Bruxelles.

Tous ont rendu un hommage bien mérité au savant, au professeur ainsi qu'au caractère si indépendant d'Émile Laurent.

M. Braffort, directeur général, délégué par M. le Ministre de l'Agriculture, empêché, a engagé les professeurs et les élèves de l'Institut agricole à profiter des bons exemples laissés par Émile Laurent.

*Discours prononcé par M. C. Malaise, membre délégué
de l'Académie.*

La Classe des sciences de l'Académie royale de Belgique s'associe de tout cœur à la manifestation sympathique organisée en souvenir et à la mémoire du savant et infortuné Émile Laurent.

En 1900, l'Académie l'avait associé à ses travaux en qualité de correspondant de la Section des sciences naturelles. Quelque temps après, il justifiait cet honneur en obtenant une médaille d'or au concours académique de 1902.

Laurent avait eu la chance, pendant qu'il étudiait son doctorat en sciences, de rencontrer un maître qui a fait de l'Institut botanique de Bruxelles un centre de grande activité pour la physiologie végétale. Ensuite, le regretté défunt était allé se perfectionner à l'Institut Pasteur de Paris.

Émile Laurent a publié de nombreux mémoires de microbiologie, sur la synthèse des albuminoïdes et l'assimilation de l'azote, etc., publications estimées qui lui avaient ouvert les portes de l'Institut de France.

D'autres, Messieurs, vous ont parlé ou vous parleront plus spécialement des œuvres et des mérites du dévoué professeur.

Laurent avait déjà fait de beaux travaux; mais son ambition scientifique l'aurait porté à enrichir la science de communications remarquables, si la mort ne l'avait enlevé presque subitement, au moment de son départ du Congo pour rentrer en Belgique. L'Académie conservera le souvenir des mérites scientifiques du vaillant explorateur du Congo, et ses amis celui de sa franche et indépendante loyauté.

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE.

J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie, de la part de l'auteur, un ouvrage publié à New-York par M. H.-W. Wack et intitulé : *Histoire de l'État Indépendant du Congo*.

Dans son introduction, l'auteur nous dit comment il a été amené à étudier de près les questions qu'il traite et à publier le résultat de ses investigations. Pour être principalement économique, son point de vue n'en est peut-être que plus attachant pour tous ceux qu'occupe le mouvement colonial. On me permettra de citer l'épilogue du chapitre XXV, traitant des sciences, agriculture, mesures civilisatrices ; en voici le texte :

« Il appert ainsi que l'État Indépendant du Congo, en tant que gardien du bien-être de son peuple, n'a rien à apprendre, ni en théorie ni en pratique, des gouvernements les plus éclairés du monde. »

Laissant à d'autres plus compétents le soin de juger le fond du travail en tout ce qui concerne les questions sociales, je crois que le but de cet ouvrage et son origine lui feront occuper une place à part et très distinguée dans la bibliographie coloniale. A ce titre, je suis heureux de servir d'interprète à l'auteur en présentant à l'Académie cette œuvre importante.

M. DELACRE.

PRIX THÉOPHILE GLUGE.

(Deuxième période, 1903-1904.)

Le jury, composé de MM. Masius, Plateau et Léon Fredericq, a eu à examiner les travaux suivants :

I. — Dr A. FALLOISE, assistant de physiologie à l'Université de Liège :

1. « Sur la tension des gaz du sang veineux. » (*Arch. de biol.*, XX, 1904.)

2. « Sur l'existence de l'alexine hémolytique dans le plasma sanguin. » (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1903.)

3. « Hyperleucocytose et pouvoir cytotoxique du sérum sanguin » (en collaboration avec M. Dubois). (*Arch. intern. de physiol.*, II, déc. 1904.)

4. « Sur l'existence de l'alexine hémolytique dans le plasma sanguin. » Second mémoire. (*Manuscrit.*)

5. « Le travail des glandes et la formation de la lymphe. Contribution à l'étude de la sécrétine. » (*Arch. de biol.*, XX, 1904.)

6. « Action de l'acide chlorhydrique introduit dans l'intestin sur la sécrétion biliaire. » (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1903.)

7. « Contribution à l'étude de la sécrétion biliaire. Action du chloral. » (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1903.)

8. « La digestion intestinale d'après des travaux récents. » (*Ann. de la Soc. médico-chir. de Liège*, 1904.)

9. « Origine sécrétoire du liquide obtenu par énérvation d'une anse intestinale. » (*Arch. intern. de physiol.*, I, 1904.)

10. « Distribution et origine des ferments digestifs de l'intestin grêle. » (*Manuscrit.*)

II. — C. FLEIG (laboratoire de physiologie de la Faculté de médecine, Montpellier) :

1. « Action de la sécrétine et action de l'acide dans la sécrétion pancréatique. » (*Arch. gén. de médecine*, 1903.)

2. « Intervention d'un processus humoral dans l'action des savons alcalins sur la sécrétion pancréatique. Analyse du mode d'action des savons alcalins sur la sécrétion pancréatique. » (*Journ. de physiol. et de pathol. gén.*, 1904.)

3. « Du mode d'action de l'acide sur la sécrétion biliaire. » (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1903.)

4. « Du mode d'action des excitants chimiques des glandes digestives. » (*Arch. intern. de physiol.*, 1904.)

III. — M^{lle} J. IOTYKO :

1. « Études sur la contraction tonique du muscle strié. » (*Bull. de l'Acad. roy. de méd. de Belgique*, 1903.)

2. « Mécanisme physiologique de la réaction de dégénérescence des muscles. » (*Bull. de l'Acad. roy. de méd. de Belgique*, 1903.)

3. « Influence de l'adrénaline et de quelques autres produits glandulaires sur la contraction musculaire. » (*Journ. méd. de Bruxelles*, 1903.)

4. « Recherches algésimétriques » (en collaboration avec M^{lle} STEFANOWSKA). (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1903.)

5. « Les lois de l'ergographie. » (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1904.)

IV. — Dr LÉON PLUMIER, assistant à l'Université de Liège :

1. « Nouvelles recherches sur la physiologie de la circulation pulmonaire. » (*Mém. in-8° de l'Acad. roy. de Belgique*, 1903.)

2. « Recherches sur la sensibilité du poumon. » (*Ibid.*, 1903.)

3. « Réflexes vasculaires et respiratoires consécutifs à l'irritation chimique des nerfs centripètes du poumon. » (*Arch. intern. de physiol.*, I, 1904.)

4. « La circulation pulmonaire chez le chien. » (*Ibid.*, 1904.)

5. « Action de l'adrénaline sur la circulation cardio-pulmonaire. » (*Journ. de physiol. et de pathol. gén.*, 1904.)

6. « Action du seigle ergoté et de l'ergotinine sur la circulation cardio-pulmonaire. » (*En épreuve.*)

7. « Action de la digitoxine, de la digitaline et de l'alcool sur la circulation pulmonaire. » (*Mémoire manuscrit.*)

8. « Action de la trinitrine et du nitrite d'amyle sur la circulation cardio-pulmonaire. » (*Mémoire manuscrit.*)

9. « Réaction de la paroi des vaisseaux pulmonaires à différents agents vaso-moteurs. » (*Mémoire manuscrit.*)

A cet envoi sont joints, à titre documentaire, deux travaux publiés en 1904 en collaboration avec M. NOLF :

1. « Du mécanisme des courbes de Traube-Hering. » (*Journ. de physiol. et de pathol. gén.*, 1904.)

2. « Contribution à l'étude des réactions cardio-vasculaires de l'asphyxie chez le chien. » (*Ibid.*, 1904.)

V. Dr HEINRICH WOLF, à Vienne :

1. « Ueber die Bedeutung des Vagus für die Athmung. » (*Arch. für d. ges. Physiol.*, 1904.)

VI. Dr E. ZUNZ :

1. « Nouvelles recherches sur la digestion de la viande dans l'estomac. » (*Ann. de la Soc. roy. des sc. méd. et nat. de Bruxelles*, 1905.)

2. « De la quantité d'albumoses contenue dans l'estomac du chien après ingestion de viande. » (*Ibid.*, 1904.)

3. « De l'emploi de l'or colloïdal pour caractériser les albumoses primaires. » (*Arch. intern. de physiol.*, 1904.)

4. « Recherche sur la digestion pepsique et gastrique des albumoses primaires. » (*Ann. de la Soc. roy. des sc. méd. et nat. de Bruxelles*, 1904.)

5. « Sur la présence des bases hexoniques et des acides amidés dans la viande. » (*Ibid.*, 1904.)

6. « Recherches sur la digestion de la viande chez le chien après ligature des canaux pancréatiques. » (En collaboration avec M. LÉOPOLD MAYER.) (*Mém. in-8° de l'Acad. roy. de méd. de Belgique*, 1904.)

Le jury a écarté le mémoire de M. Heinrich Wolf, écrit en allemand et ne rentrant donc pas dans les conditions du concours. Il s'est trouvé ensuite fort embarrassé pour classer les travaux des cinq concurrents restants. Tous les cinq ont envoyé des œuvres du plus grand mérite :

chacun d'eux aurait pu prétendre au prix s'il avait été seul à concourir. Ces travaux se rapportent à des domaines très différents de la physiologie et se prêtent par conséquent difficilement à une comparaison équitable. Il s'y trouve des nouveautés hardies sur lesquelles il serait peut-être prématuré de porter dès à présent un jugement définitif. Quoi qu'il en soit, le jury, après avoir mûrement pesé les mérites des différents candidats, s'est trouvé d'accord pour vous proposer de décerner le prix à M. le Dr Léon Plumier. Ses recherches nous donnent pour la première fois un tableau complet et exact de la circulation pulmonaire, étudiée, grâce à un procédé opératoire spécial, dans des conditions mécaniques se rapprochant de l'état normal. Ce procédé permet de se mettre à l'abri des perturbations dues à la suppression du vide pleural. L'auteur a pu résoudre ainsi des questions capitales qui étaient restées douteuses. Ses recherches sur la sensibilité du poumon démontrent l'existence de fibres sensibles spéciales, distribuées dans le parenchyme pulmonaire. Les différents mémoires sur l'action de plusieurs substances sur la circulation pulmonaire sont tous très importants et établissent des faits nouveaux du plus grand intérêt. L'ensemble des travaux de M. Plumier constitue une véritable monographie classique de la petite circulation, digne en tous points du prix Gluge.

Le jury exprime le regret de ne pouvoir décerner une récompense analogue aux quatre autres concurrents dont il a distingué les travaux.

La Classe se prononcera sur ces conclusions dans la séance de juin.

RAPPORTS.

Sur le rapport verbal de M. Fredericq, le *Bulletin* renfermera un second mémoire du Dr A. Falloise : *Sur l'existence de l'alexine hémolytique dans le plasma sanguin.*

Note sur la nature des canaux qui sillonnent la planète Mars ;
par Thomas Bruno.

Rapport de M. Terby.

« Pour l'auteur, les continents de Mars ne seraient que d'immenses champs de glace, et les canaux qui les traversent, des courants marins, que leur mouvement empêcherait de participer à cette congélation générale. La mobilité, l'instabilité de pareilles glaces flottantes expliqueraient les changements d'aspect signalés depuis quelques années dans le *détail* des configurations, changements qui pourraient d'ailleurs n'être qu'apparents et dont l'importance nous semble avoir été considérablement exagérée. Contre le système de l'auteur s'élève d'emblée une objection qu'il pressent et cherche à renverser, mais par des arguments insuffisants et peu clairs. Comment peut-on admettre que la température de Mars, supposée trop basse, suivant les vues de l'auteur, pour liquéfier les champs de glace équatoriaux, soit capable de faire disparaître à peu près complètement, après une débâcle parfaitement observable aujourd'hui, même dans

certain détails très intéressants, les calottes polaires éclairées bien plus obliquement? Et dire que l'auteur prévoit cette objection est même aller trop loin, car il ne l'envisage pas au point de vue des calottes polaires elles-mêmes, mais seulement à l'égard de mers rapprochées du pôle et qui restent libres de glaces.

Je crois que l'Académie ne peut que déposer dans ses archives la note de M. Bruno. Si, à certains points de vue impossibles à prévoir en présence d'un aussi vaste inconnu, l'avenir fixait le choix dans le champ illimité des hypothèses, en favorisant les idées émises dans cette note et non dépourvues d'ordre, d'ingéniosité et d'intérêt, le présent rapport suffirait pour en réserver le mérite à l'auteur. » — Adopté.

Quelques observations sur les acides crotonique et isocrotonique; par W. Oechsner de Coninck.

Rapport de M. W. Spring.

« L'auteur a chauffé les acides crotonique et isocrotonique dans la glycérine jusqu'au point d'ébullition de celle-ci; il a constaté la stabilité de ces corps jusque vers ce point: le premier se dissout dans la glycérine, le second donne seulement une émulsion.

Je propose l'insertion de cette notice dans le *Bulletin* de la séance. » — Adopté.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Présence de la PLANARIA ALPINA Dana en Belgique ; par
Léon Fredericq, membre de l'Académie.

Aucun animal, nous dit Zschokke (1), n'est plus caractéristique pour la faune aquatique des hautes Alpes que *Planaria alpina*. Aucun n'a une distribution plus générale dans les eaux glacées qui descendent des cimes neigeuses.

Dans la notice que j'ai eu l'honneur de lire à notre dernière séance publique (*La faune et la flore glaciaires du plateau de la Baraque-Michel*, décembre 1904), je signalais ce fait que *Planaria alpina* avait été trouvée par M. Voigt, de Bonn, dans l'*Eifel*, à peu de distance de nos frontières. *Je ne désespère pas de la rencontrer en Belgique*, ajoutais-je, *quoique je l'aie vainement cherchée au plateau de la Baraque-Michel et à celui de la Baraque de Fraiture*.

Cet espoir devait se réaliser à bref délai. Déjà, lors de la dernière séance de la Classe des sciences, j'avais communiqué à notre confrère, M. Lameere, que j'avais retrouvé *Planaria alpina* sur la Warche, près de Renarstein, à quelques kilomètres de la frontière belge, et cela sur les indications de M. Voigt, qui me la signalait également des environs de Kalterherberg.

Cela m'a encouragé à reprendre à nouveau l'exploration de la Helle, de la Sore et de la Hoegne. Le 2 avril

(1) F. ZSCHOKKE, *Die Tierwelt in den Hochgebirgsseen*. (NOUV. MÉM. SOC. HELV., 1900, XXXVII, 82.)

dernier, j'ai eu le plaisir de découvrir une station belge de *Planaria alpina* sur le versant nord du plateau de la *Baraque-Michel*, dans un petit affluent minuscule de la rive droite de la Sore (*Hertogenwald*). J'ai l'honneur de faire passer sous les yeux de mes confrères des exemplaires de cette intéressante acquisition pour notre faune.

Je profite de l'occasion pour ajouter deux mollusques à la liste, fort pauvre d'ailleurs, des espèces du plateau de la *Baraque-Michel* : *Sphaerium corneum*, très abondant dans la mare devant l'auberge du *Mont-Righi* (1), et *Bythinia viridis*, trouvée en société de *Planaria alpina* près de Renarstein, et rencontrée également dans un ruisseau, affluent de la Helle, du côté belge, non loin d'Eupen.

J'ajouterai que M. le Dr Hugo Fischer, de Bonn (2), a signalé récemment la présence de deux fougères arctiques-alpines (nouvelles pour la Prusse rhénane) à peu de distance du plateau de la *Baraque-Michel* : *Polystichum Lonchitis* Roth., trouvée près de Montjoie, et *Cryptogramme crispa* R. Br., près de Kalterherberg. La première de ces plantes est signalée par Crépin comme ayant une station en Belgique, aux environs de Theux.

Enfin, M. Lameere m'indique *Bombus mastrucatus* Gerst, hyménoptère arctique-alpin, capturé dans l'*Hertogenwald* par le Dr Jacobs.

(1) J'ai constaté à mon dernier passage au Mont-Righi que la mare avait été curée à fond, ce qui aura peut-être détruit la station de *Sphaerium*.

(2) *Die Farne im hohen Venn*. (VERH. NAT. VER. D. PREUSS. RHEIN-LANDE, 1904, p. 3 du tiré-à-part.)

Sur la limite de visibilité de la fluorescence et sur la limite supérieure du poids absolu des atomes ; par W. Spring, membre de l'Académie.

La question du poids absolu des atomes, et plus généralement celle des dimensions des molécules, ont fait fréquemment l'objet de recherches, tant théoriques que pratiques.

Clausius, Maxwell et William Thomson se sont basés, dans leurs calculs, principalement sur la théorie cinétique des gaz. On sait qu'ils sont arrivés à des nombres qui étonnent par leur petitesse : ainsi, pour ne citer qu'un cas, les molécules d'air ont été trouvées si petites que 1 centimètre cube d'air pourrait en renfermer, dans les conditions normales de température et de pression, environ 1,3 pentillions ou $1,3 \times 10^{18}$.

Notre savant confrère De Heen est arrivé à un résultat du même ordre (*) par l'étude des phénomènes capillaires.

On connaît aussi les conclusions qui ont été tirées de l'extrême divisibilité de la matière quant à la limite supérieure du poids absolu des atomes. Kirchhoff et Bunsen ont constaté, il y a déjà longtemps, que l'analyse spectrale révèle encore la trois-millionième partie de 1 milligramme de *sel marin*.

D'après Berthelot, l'odorat percevrait encore la présence d'un cent-milliardième de gramme d'*iodoforme* et un

(*) *Société scientifique de Bruxelles*, 1880.

cent mille-milliardième de *musc.* Cette divisibilité extraordinaire de la matière témoigne nécessairement de la petitesse des molécules.

J. Annaheim (*) s'est même basé sur cette divisibilité pour calculer une limite supérieure du poids absolu de l'atome d'hydrogène. Reprenant une observation déjà faite par A.-W. Hofmann sur la puissance de coloration de la *fuchsine*, il prépara une solution qui renfermait seulement 0^m000 007 de ce corps par centimètre cube. Cette solution est encore assez colorée pour que l'on reconnaisse, avec certitude, sa couleur en examinant une seule goutte (35 gouttes par centimètre cube), surtout si l'on agit par comparaison avec des gouttes d'eau pure. Il en résulte que l'œil constate encore la présence de 0^m000 000 02 de fuchsine. Or, si l'on admet au moins la présence d'une seule molécule de fuchsine dans une goutte du liquide, il en résulte que le poids absolu de l'atome d'hydrogène ne peut dépasser le quotient du poids des deux cent-millionièmes de gramme de fuchsine par le poids moléculaire de la fuchsine.

Or

$$\text{C}_{20}\text{H}_{10}\text{N}_8 \cdot \text{HCl} = 337 \text{ 5},$$

donc :

$$\frac{0,000 \text{ 000 02}}{337 \text{ 5}} = 0^{\text{m}}000 \text{ 000 000 059}.$$

Les observations que je désire faire connaître par ces lignes conduisent à un résultat qui s'écarte beaucoup de ce dernier; elles prouvent que le poids des atomes est, sans doute, considérablement plus petit, et cependant il

(*) *Berichte d. deutsch. chem. Gesellschaft*, t. IX, p. 1151, 1876.

ne s'agira encore ici que de l'indication d'une *limite supérieure*.

* * *

On sait qu'en faisant passer à travers les liquides, ou les solides, un puissant rayon lumineux, la trace de ce rayon s'accuse d'une manière si constante, quelle que soit la nature des corps, que certains physiciens, surtout J.-L. Soret, ont douté de la possibilité de préparer un liquide absolument pur, c'est-à-dire *optiquement vide*, et que d'autres, notamment A. Lallemand, ont regardé l'*illumination* ou la *luminescence* des liquides et des solides comme une propriété de ces états d'agrégation de la matière.

Je suis parvenu, par divers procédés, à préparer de l'eau optiquement vide (*). Il est donc prouvé que la luminescence des liquides et des solides est un phénomène accidentel, dû à la présence de particules hétérogènes, ou étrangères au milieu.

A la suite de cette constatation, il était tout indiqué de se servir d'un rayon lumineux comme d'un instrument puissant d'investigation dans l'étude des solutions liquides et des solutions solides. J'ai donc entrepris l'examen de la diffusion de la lumière dans les solutions en général (**) et dans certains verres colorés, en particulier dans le verre coloré à l'or (verre rubis) (***). J'ai

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 3, p. 174, 1899.

(**) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 4, p. 300, 1899.

(***) *Ibid.*, n° 12, p. 1014, 1900.

constaté alors qu'un rayon lumineux intense révélait la présence de particules que le microscope est impuissant à faire voir. C'est ainsi que j'ai constaté la présence réelle de l'*hydrate de chrome* dans la solution diluée de *chlorure chromique* et la présence réelle de l'*or* dans le verre rubis. Si je rappelle ces faits, en substance, c'est qu'ils se trouvent attribués aujourd'hui, dans la plupart des publications, à d'autres expérimentateurs, bien que les travaux de ceux-ci soient postérieurs aux miens et qu'ils ne doivent même être considérés, comme a bien voulu le faire remarquer Lobry de Bruyn (enlevé trop tôt à la science et à ses amis), que « comme une extension importante des dernières expériences de Spring (*) ».

Il est regrettable que les autres recueils scientifiques n'aient pas jugé à propos de remettre aussi les choses au point; ils auraient combattu, de la sorte, une manière de faire qui devrait rester étrangère au monde scientifique.

Dans les travaux que je viens de rappeler, j'avais émis l'opinion que les liquides laissaient d'autant mieux passer la lumière qu'ils étaient plus homogènes et formés de molécules de moindres dimensions. Dans le cas de solutions de sels de métaux, la transparence paraît même en relation étroite avec le degré de leur *ionisation*, tandis que les corps non électrolytes accusent toujours une luminescence plus ou moins prononcée et se rapprochent, à cet égard, des *solutions colloïdales* chez lesquelles la luminescence atteint son maximum.

J'avais cru devoir conclure, alors, à une distinction

(*) *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas et de la Belgique*, 3^e série, t. IX, p. 160.

catégorique entre les solutions véritables et les solutions colloïdales, les premières seules me paraissant douées d'une complète transparence. Lobry de Bruyn a repris et étendu mes expériences (*) en vue de contrôler ma conclusion. Il a examiné des liquides formés de molécules de plus en plus grosses, et ayant vu la luminescence se marquer de plus en plus, il a conclu que « les solutions véritables de substances à poids moléculaire élevé sont susceptibles de provoquer la diffraction de la lumière. Ce résultat, ajoute-t-il, indique donc la continuité entre les solutions vraies et les pseudo-solutions. » Lobry n'a pas regardé, cependant, le problème comme définitivement résolu; la luminescence pouvant avoir une autre cause que la réflexion de la lumière sur les molécules, il a jugé de nouveaux faits nécessaires avant de se prononcer.

*
* *

Si l'observation que j'apporte aujourd'hui n'est pas de nature à donner la solution définitive du problème, elle peut néanmoins y contribuer; je crois donc qu'il n'est pas inutile de la faire connaître.

J'ai essayé de déterminer le degré de dilution qu'une solution d'un corps dans de l'eau optiquement vide doit atteindre pour que la luminescence ne se produise plus, et de vérifier ensuite, à l'aide du résultat obtenu, si la luminescence peut être attribuée à une réflexion de la lumière sur les molécules du corps dissous, ainsi que l'admet Lobry de Bruyn.

(*) *Loc. cit.*, p. 155, 1904.

Pour éviter les erreurs d'observation, il importe de faire usage de substances dont la trace lumineuse se distingue nettement par sa couleur de celle qui pourrait être imputée à l'eau elle-même, car, à la suite des manipulations auxquelles celle-ci se trouve nécessairement soumise, elle peut finir par perdre sa transparence complète. J'ai donc eu recours à des substances colorées fluorescentes, dont la couleur contrastait avec le blanc bleuâtre tel qu'il se produit avec la plupart des solutions incolores. J'ai fait usage de la *fluorescéine* et de sa voisine l'*éosine*, qui donnent, l'une et l'autre, une belle fluorescence verte. Si, à la vérité, le phénomène de la fluorescence n'est pas simplement le résultat de la réflexion latérale de la lumière incidente sur les molécules, on remarquera que ce point n'a pas d'importance pour la question pendante, attendu qu'il demeure toujours vrai qu'en l'absence de substance fluorescente en un point donné de la solution, il n'y aura plus de luminescence, et que la fluorescence, étant une propriété inhérente à des molécules d'espèce déterminée, doit nous révéler leur présence.

J'ai donc préparé, par pesée, une solution de titre connu. Par exemple, 0^{sr}0023 de fluorescéine ont été dissous dans 230 centimètres cubes d'eau optiquement vide. On a donc, de cette façon, une solution renfermant 0^{sr}00001 par centimètre cube ($0.0023 : 230 = 0.00001$). Elle montrait une belle fluorescence à la lumière du jour. En prélevant 10 centimètres cubes de cette solution et les étendant d'eau optiquement vide jusque 100 centimètres cubes, on réalise, évidemment, une solution renfermant 0^{sr}000001 par centimètre cube. En continuant d'après la même règle, on a, à la troisième dilution, 0^{sr}00000001 de fluorescéine par centimètre cube, c'est-

à-dire un cent-millionième. Pour cette dilution, la fluorescence a disparu pour l'œil dans la lumière du jour. Il est remarquable que c'est exactement au même degré de dilution que disparaît la couleur de la fuchsine, du violet d'aniline et du vert d'iode, d'après les déterminations de A. W. Hofmann. Mais un rayon de lumière électrique (110 volts et 12 ampères), concentré par un réflecteur de 12 centimètres de diamètre et un jeu de lentilles de 10 centimètres en un cône très pointu, rallume la fluorescence d'une manière intense.

En continuant alors à diluer la solution, ainsi qu'il vient d'être dit, on constate que la fluorescence cesse d'être visible *entre la dixième et la onzième dilution*. Le poids de fluorescéine contenu dans un centimètre cube de liquide à la dixième dilution est 0⁰000 000 000 000 001, ou un millième de trillionième de gramme.

Ce fait nous montre que l'agent le plus puissant que nous possédons pour déceler de minimes quantités de matières fluorescentes est la *lumière*. Il laisse loin derrière lui les constatations faites sur la sensibilité de l'odorat à l'iodoforme et même au musc.

Il convient de tenir compte de ce que l'*intensité* de la lumière joue un rôle capital dans ces constatations. C'est ainsi qu'à la dixième dilution, la couleur verte de la fluorescéine était visible avec certitude seulement dans la région du sommet du cône lumineux, là où l'intensité était la plus forte, et non ailleurs. A la onzième dilution, il y avait doute, même par comparaison avec l'eau pure; aussi ai-je préféré ne pas me baser sur cette dernière dilution. Il est probable, néanmoins, que si j'avais disposé d'une lumière plus intense, l'observation aurait pu être conduite plus loin.

Voyons à présent ce que nous apprend le nombre que nous venons de trouver au regard du poids des atomes. Nous appliquerons ici le raisonnement d'Annaheim, cité plus haut.

On peut affirmer que, dans la région du sommet du cône lumineux, on distingue encore certainement la fluorescence sur 1 millimètre carré de surface. Si nous isolons donc là, par la pensée, un petit cube de 1 millimètre de côté, nous pourrions dire que, puisqu'il montre de la fluorescence, c'est qu'il renferme au moins une molécule de fluorescéine ($C_{20}H_{10}O_5K_2 = 408$) et que le poids de cette quantité de fluorescéine sera la millième partie de la quantité contenue dans 1 centimètre cube de solution, c'est-à-dire

$$0^{\text{e}}000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001;$$

or, la molécule de fluorescéine étant quatre cent huit fois plus lourde qu'un atome d'hydrogène, on aura, pour le poids de celui-ci,

$$0^{\text{e}}000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 0025, \text{ ou } 2^{\text{e}}5 \times 10^{-11},$$

soit donc un poids *vingt milliards de fois plus petit* que celui qui a été déduit du pouvoir colorant de la fuchsine par Annaheim, poids qui est 5×10^{-11} (voir plus haut); en effet

$$\frac{5 \times 10^{-11}}{2,5 \times 10^{-11}} = \frac{5}{2,5 \times 10^{-10}} = 20\ 000\ 000\ 000.$$

Si l'on tient compte de ce que le résultat donné par la fluorescéine n'est non plus qu'une *limite supérieure*, peut-être même éloignée de la réalité, on conviendra que la méthode antérieure était par trop épaisse.

Comparons, à présent, notre résultat avec celui que fournit la théorie cinétique des gaz.

Le calcul a établi que 1 centimètre cube d'un gaz quelconque renferme, à 0° et sous 1 centimètre de pression, environ $1,3 \times 10^{18}$ molécules (*). Or, 1 centimètre cube d'hydrogène pesant 0^{re}0000899 dans les mêmes conditions, le poids d'une molécule sera

$$\frac{0,0000899}{1,3 \times 10^{18}} = 6^{re}9 \times 10^{-28}.$$

Et comme la molécule d'hydrogène est formée de deux atomes, on a, pour le poids absolu de H,

$$3^{re}45 \times 10^{-28}.$$

Ainsi que cela devrait être, cette valeur est plus petite que celle que nous venons de trouver, mais pas dans des proportions énormes; en effet,

$$\frac{2,5 \times 10^{-21}}{3,45 \times 10^{-28}} = \frac{2,5}{3,45 \times 10^{-7}} = 7246,$$

ce qui, dans l'espèce, est peu de chose.

Pour établir notre calcul, nous avons considéré 1 millimètre cube de la solution. On objectera peut-être que si nous avons considéré une plus petite partie, nous eussions trouvé finalement un nombre plus petit pour le poids de l'atome d'hydrogène et que, en somme, le résultat est arbitraire.

Cette conclusion n'est cependant pas entièrement fondée, parce que la lueur verte, dont on cherche à déter-

(*) Voir TRAUBE, *Phys. Chemie*, p. 98. 1904.

miner le moment de l'extinction, n'est plus sensible à la limite lorsqu'on regarde une trop petite étendue de la solution. On s'en assure facilement si l'on examine la lueur verte à l'aide du microscope. Il suffit d'un faible grossissement pour que l'intensité de la lumière soit affaiblie dans le champ de l'appareil, au point de ne plus permettre de faire une observation certaine. On ne perdra pas de vue, d'autre part, qu'on ne peut s'attendre à constater un contour net des lueurs visibles, comme si les molécules étaient ce que nous les imaginons. Nous pouvons seulement constater si la lumière éprouve une sorte de diffraction ou de réflexion à leur place, et rien de plus.

Malgré l'insuffisance de la méthode, il paraît cependant que le résultat obtenu rend très probable que la luminescence des solutions et, plus particulièrement, leur fluorescence se rattachent à une réflexion de la lumière sur les molécules ou sur leur enveloppe d'éther dès que leurs dimensions dépassent une certaine limite. En somme, l'opinion émise par Lobry de Bruyn paraît se confirmer.

*
* * *

En résumé, les observations précédentes prouvent qu'un rayon intense de lumière révèle la présence de traces de matières fluorescentes dissoutes dans un liquide optiquement vide, incomparablement mieux qu'il ne démontre l'existence des solutions colloïdales ou la présence de particules ultramicroscopiques. Si l'on admet que la luminescence des liquides est due à la réflexion de la lumière incidente sur les molécules de la matière dissoute, on arrive à calculer que la limite supérieure

que l'on avait assignée au poids absolu de l'atome d'hydrogène, en se basant sur la grande divisibilité de certaines matières colorantes, doit être réduite au moins *vingt milliards de fois*. On arrive alors à une limite qui n'est plus que sept mille fois supérieure, environ, à la valeur trouvée théoriquement pour le poids de l'atome d'hydrogène et qui permet d'envisager les phénomènes de luminescence comme une conséquence directe des grandeurs moléculaires.

Institut de chimie générale. Liège, le 25 avril 1905.

Observations au sujet des cristaux du méthylal isopropylique tétrachloré symétrique; par Louis Henry, membre de l'Académie.

Je n'ai pu assister qu'à la première partie de la séance du mois de mars dernier. Étant indisposé, j'ai dû me retirer après la présentation de ma note : *Sur quelques dérivés de l'isopropanol trichloré 1.1.1* (*), et c'est même mon savant confrère M. Spring qui a eu l'obligeance d'en rendre compte à la Classe, à ma place. J'aime à l'en remercier encore en ce moment.

Le *Bulletin* de cette séance, paru à la fin du mois d'avril, m'a fait vivement regretter cette absence forcée : c'est que ce *Bulletin* renferme une note rectificative (**) concernant la description des cristaux du *méthylal isopro-*

(*) Voir *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 3, pp. 101-121, 1905.

(**) *Sur les cristaux de méthylal isopropylique tétrachloré symétrique*, par G. CESÀRO, pp. 128-129.

pylique tétrachloré symétrique $\text{H}_2\text{C} - \left(\text{O} - \text{CH} < \begin{smallmatrix} \text{CH}_2\text{Cl} \\ \text{CH}_2\text{Cl} \end{smallmatrix} \right)_2$, composé qu'a fait connaître récemment un de mes élèves, M. Stappers (*).

Si j'avais été présent à la séance lors de la lecture de cette note rectificative, j'aurais fait remarquer à son savant auteur que le composé dont s'est occupé M. Stappers fait partie d'une série de composés analogues que j'ai mis au jour, remarquables par leur aptitude à prendre l'état cristallin et à constituer des cristaux de grande dimension. Cette série comprend, à côté du composé déjà signalé et *sommairement décrit*, les dérivés correspondants, tous symétriques, *tétrabromé* $\text{H}_2\text{C} - \left(\text{O} - \text{CH} < \begin{smallmatrix} \text{CH}_2\text{Br} \\ \text{CH}_2\text{Br} \end{smallmatrix} \right)_2$, doublement *chloro-bromé* $\text{H}_2\text{C} - \left(\text{O} - \text{CH} < \begin{smallmatrix} \text{CH}_2\text{Cl} \\ \text{CH}_2\text{Br} \end{smallmatrix} \right)_2$ et *chloro-iodé* $\text{H}_2\text{C} - \left(\text{O} - \text{CH} < \begin{smallmatrix} \text{CH}_2\text{Cl} \\ \text{CH}_2\text{I} \end{smallmatrix} \right)_2$. Il y a là, à mon sens, une étude cristallographique comparative intéressante à faire au point de vue de l'isomorphisme. La rectification que comporte la description des cristaux de M. Stappers, description à laquelle il est d'ailleurs resté étranger, aurait pu trouver sa place dans cette étude d'ensemble. Je savais, de plus, que ces cristaux devaient faire l'objet d'un nouvel examen.

Je suis en droit de m'étonner que l'auteur de cette note rectificative ne m'en ait pas fait connaître à l'avance.

(*) Voir son mémoire, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 12, pp. 1161-1171, 1904.

sinon l'objet, au moins l'existence, car j'ai déjà eu l'honneur d'être, à diverses reprises, en relations avec lui au sujet de cristaux de composés organiques.

Autrefois il a eu l'obligeance, dont je lui suis encore reconnaissant, de mesurer et de faire l'étude des cristaux du *glycol nitro-isobutylénique* (NO_2) . $\text{C} < \begin{smallmatrix} (\text{CH}_2 \cdot \text{OH})_2 \\ \text{CH}_3 \end{smallmatrix}$. Le mémoire, fort intéressant, où sont consignés les résultats de cette recherche, est inséré dans nos *Bulletins*, tome XXXIII (3^e série), pages 323 à 333, année 1897. En ce moment, il est encore en possession des cristaux du *glycol triméthylénique bromo-nitré* $\text{Br} > \text{C} - (\text{CH}_2 - \text{OH})_2$, dont il a bien voulu accepter de faire l'examen et dont je lui ai remis, dans ce but, des échantillons *depuis plusieurs années déjà*.

J'estime que ni les intérêts de la science, ni le renom du savant cristallographe n'auraient souffert de dommage si cette rectification, annoncée dès à présent à l'*Erratum* dans le *Bulletin*, avait été faite *ex professo* quelque temps plus tard, par l'auteur lui-même (*) de la description des cristaux de M. Stappers, au cours de l'étude cristallographique qu'il est occupé à faire, à ma demande, des *méthylals isopropyliques tétra-substitués symétriques*.

(*) Depuis la réception du *Bulletin* du mois de mars, je n'ai pas eu, au moment où j'écris ces lignes, l'occasion, à cause des vacances, de voir l'auteur de la description des cristaux de M. Stappers pour lui demander des explications. Ignorant son adresse, je n'ai pas pu non plus lui écrire fructueusement dans ce but.

Observations au sujet de la condensation du nitro-méthane avec les dérivés alkylés de l'alcool amido-méthylrique
 $\text{H}_2\text{C} \cdot (\text{OH}) \cdot (\text{NH}_2)$; par Louis Henry, membre de l'Académie.

PREMIÈRE PARTIE.

Je me suis occupé, il y a une dizaine d'années, de la condensation des nitro-paraffines avec les aldéhydes aliphatiques. Cette étude a été continuée plus tard avec succès par plusieurs de mes élèves.

A cette époque, j'étais aussi préoccupé de déterminer expérimentalement les modifications que le radical *hydroxyle* - OH des alcools en général, et de l'alcool méthylrique en particulier $\text{H}_3\text{C} - \text{OH}$, subit de la part d'autres radicaux substituants ou fonctionnels voisins, X, X', etc. Je constatai que ce radical *hydroxyle*, qui dans l'alcool méthylrique lui-même est inerte vis-à-vis des paraffines nitrées et de l'acide cyanhydrique, devient apte à faire la double décomposition avec ces mêmes réactifs, dans le *méthanal* $\text{H}_2\text{C} = \text{O}$ dissous dans l'eau, c'est-à-dire dans $\text{H}_2\text{C} - (\text{OH})_2$ et dans les dérivés alkylés de l'*alcool amido-méthylrique* inconnu $(\text{HO}) \cdot \text{CH}_2 - \text{NH}_2$, tels que $(\text{HO})\text{CH}_2 - \text{N}(\text{CH}_3)_2$, $(\text{HO})\text{CH}_2 - \text{N}(\text{C}_5\text{H}_{10})$, etc. Le voisinage des groupements - OH et des groupements dérivés de - NH_2 , fonctionnellement équivalents à ce radical amidogène, détermine donc une modification profonde dans les aptitudes réactionnelles du groupement - OH de l'*alcool méthylrique primitif* $\text{H}_2\text{C} < \begin{smallmatrix} \text{H} \\ \text{OH} \end{smallmatrix}$.

M'étant occupé moi-même à l'origine de ces recherches, d'abord des produits dérivés du *méthanal* $\text{H}_2\text{C} - \text{O aq}$ ou $(\text{HO})\text{CH}_2(\text{OH})$, j'ai constaté que la capacité de combinaison des agents cités plus haut est égale au nombre des atomes d'hydrogène fixés sur le radical $-\text{CN}$ ou sur le composant *carbonitré* $-\overset{\text{I}}{\underset{\text{I}}{\text{C}}} - \text{NO}_2$. Tandis que cette capacité de condensation est égale à *un* seulement dans l'acide *cyanhydrique* $\text{H} - \text{CN}$ et les *nitro-paraffines* secondaires telles que $(\text{H}_3\text{C})_2 - \text{CH} - \text{NO}_2$, elle est égale à *deux* dans les *nitro-paraffines primaires* telles que $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2(\text{NO}_2)$, etc., pour s'élever à *trois* dans le *nitro-méthane* $\text{H}_3\text{C} - \text{NO}_2$, seul composé de son espèce.

J'ai constaté plus tard l'équivalence fonctionnelle du *méthanal* $\text{H}_2\text{C} = \text{O aq}$ ou $\text{H}_2\text{C} - (\text{OH})_2$ et des dérivés *alkylés* de l'alcool *amido-méthylique* $(\text{HO})\text{H}_2\text{C} - \text{NH}_2$ inconnu tels que $(\text{HO})\text{H}_2\text{C} - \text{N}(\text{CH}_3)_2$, $(\text{HO})\text{CH}_2 - \text{N}(\text{C}_5\text{H}_{10})$, produits de l'action des amines d'ordre divers sur $\text{H}_2\text{C} = \text{O aq}$, vis-à-vis de divers réactifs et notamment vis-à-vis de l'acide cyanhydrique et des *nitro-paraffines* (*). La seule différence que l'on peut remarquer extérieurement dans la manière d'agir de ces deux sortes de composés méthyléniques, c'est que si la réaction du méthanal lui-même avec les *nitro-paraffines* nécessite la présence d'un agent excitateur, tel qu'un composé à réaction alcaline, K_2CO_3 , KOH , NaOC_2H_5 , etc., celle des dérivés alkylés de l'alcool amido-méthylique est plus aisée, sinon plus énergique encore, car elle ne réclame, pour se réaliser, la présence d'aucun corps étranger, ces

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXXII, 3^e sér., pp. 33-39, année 1896.

dérivés jouant eux-mêmes le rôle d'amorce, à cause de leur caractère basique.

J'étais en droit, ce me semble, de conclure de cette équivalence fonctionnelle, si nettement déterminée, que la capacité relative de combinaison ou de condensation des dérivés nitrés et de l'acide cyanhydrique vis-à-vis des dérivés alkylés de l'alcool amido-méthylrique est régie par la même loi que celle qui préside à l'action de ces mêmes agents sur le méthanal. En fait, elle est *une* pour l'acide cyanhydrique et les *paraffines nitrées secondaires* renfermant le système *carbonitré mono-hydrogéné* $\text{HC} - \text{NO}_2$; il n'en peut d'ailleurs être autrement. Elle est *deux* pour les dérivés nitrés *primaires* renfermant le système *carbonitré* $\text{H}_2\text{C} - \text{NO}_2$ bi-hydrogéné, et j'ajoute qu'elle s'exerce totalement en une seule fois. Ce sont surtout les composés provenant de l'action de l'alcool méthyl-amido-pipéridique $(\text{HO})\text{CH}_2 - \text{N}(\text{C}_5\text{H}_{10})$, lequel vient lui-même de la réaction de la pipéridine $(\text{H}_2\text{C})_3\text{NH}$ sur le méthanal, qui ont été examinés ou du moins qui ont été signalés dans les diverses notices publiées sur cet objet. Leur générateur est facile à obtenir et l'élévation de leur poids moléculaire rend ces dérivés insolubles dans l'eau et en facilite par là même la formation. Dans l'idée où j'étais établi que le pouvoir additionnel de ces paraffines primaires $\text{NO}_2 \cdot \text{CH}_2$ devait être et ne pouvait être que deux, en présence d'une quantité suffisante de composé méthylénique, on s'est en général contenté, pour assurer l'individualité chimique de ces dérivés, de déterminer leur teneur en azote, celui-ci étant leur élément caractéristique. Voici ce que je trouve dans ma

notice originelle en ce qui concerne le dérivé méthyléno-pipéridique de l'éthane mono-nitré $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2(\text{NO}_2)$.

	Trouvé.	
Azote %	15,07	15,41

La quantité calculée pour le dérivé bi-pipéridique $\text{CH}_3 - \text{C} . \text{NO}_2 . (\text{CH}_2 - \text{N} . \text{C}_5\text{H}_{10})_2$ est 15.61 %, et pour le dérivé mono-pipéridique $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}(\text{NO}_2) - (\text{CH}_2 . \text{N} = \text{C}_5\text{H}_{10})$, 16.27 %.

Et voici ce que je lis dans le mémoire de M. Mousset (*) concernant les dérivés du nitro-pentane *iso* $\begin{smallmatrix} \text{H}_3\text{C} \\ \text{H}_3\text{C} \end{smallmatrix} > \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NO}_2$:

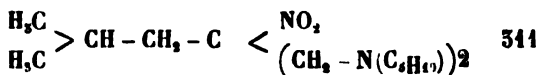
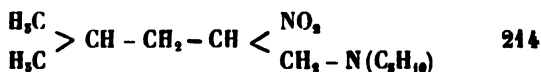
« Azote % trouvé dans le dérivé pipéridique, 13.42 et 13.37. Le composé *bi-pipéridique* $(\text{NO}_2)\text{C}_5\text{H}_9 - (\text{CH}_2 - \text{N} - \text{C}_5\text{H}_{10})_2$ correspond à 13.50 % et le *mono-pipéridique* $(\text{NO}_2)\text{C}_5\text{H}_{10} - \text{CH}_2 - \text{N} - \text{C}_5\text{H}_{10}$ à 13.08. »

Mais les poids moléculaires des dérivés correspondants *mono-* et *biméthyléno-* pipéridiques diffèrent bien plus considérablement.

Dérivés du nitro-éthane.

	Poids moléculaire.
$\text{H}_3\text{C} - \text{CH} < \begin{smallmatrix} \text{NO}_2 \\ \text{CH}_2 . \text{N} (\text{C}_5\text{H}_{10}) \end{smallmatrix}$	172
$\text{H}_3\text{C} - \text{C} < \begin{smallmatrix} \text{NO}_2 \\ [\text{CH}_2 - \text{N} (\text{C}_5\text{H}_{10})]_2 \end{smallmatrix}$	269

(*) Sur quelques dérivés du nitro-isopentane primaire. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE (Classe des sciences), 1901, pp. 622 à 636.)

Dérivés du nitro-isopentane.

Malgré l'importance décisive de cette constatation, elle n'a été faite, ni en 1897 ni plus tard; on la regardait comme parfaitement superflue. Je dois aujourd'hui le regretter. Aussi ai-je eu soin de la faire déterminer expérimentalement, l'an dernier déjà, pour le dérivé méthyléno-pipéridique du nitro-éthane, et voici ce qui a été trouvé : dans la benzine, 270.7; 267.5; 266.9; 269.5. La moyenne de ces quatre déterminations concordantes est 268.6; or pour le dérivé bi-pipéridique, c'est, selon la formule, 269.

En ce qui concerne les *dérivés primaires* $\text{H}_2\text{C} - \text{NO}_2$, la question est donc résolue d'une manière suffisamment certaine; leur capacité de condensation est bien égale à *deux*.

Maintenu par l'analogie dans les mêmes conditions de sécurité préconçue, en ce qui concerne les dérivés du nitro-méthane, du moins quant au dérivé méthyléno-pipéridique de $(\text{HO})\text{CH}_2 - \text{N}(\text{C}_5\text{H}_{10})$, je me suis contenté d'en faire déterminer la teneur en azote, ne doutant pas que, comme son correspondant dérivé du nitro-éthane, il ne fût, lui aussi, le résultat d'une condensation au maximum ou complète, c'est-à-dire d'une condensation *triple* réalisée une seule fois. Le dosage de l'azote a donné 15.22, 15.73 et 15.69 %. Le dérivé tri-pipéridique $(\text{NO}_2)\text{C} - (\text{CH}_2 - \text{N} - \text{C}_5\text{H}_{10})_3$ correspond à 15.90 %, alors

que le dérivé bi-pipéridique $(\text{NO}_2)\text{HC} - (\text{CH}_2 - \text{N} = \text{C}_5\text{H}_{10})_2$ demande 16.50 % de cet élément.

On comprend qu'au milieu des idées où j'étais quant à la nature de ce produit, je jugeai absolument superflu de faire procéder à une détermination cryoscopique du poids moléculaire. Je dois aussi le regretter, car vu la différence considérable qui existe sous ce rapport entre le dérivé *bi* et le dérivé *tri*-pipéridique, j'aurais été renseigné immédiatement sur la défectuosité et l'insuffisance de cette analyse.

Dérivé bi-pipéridique. Poids moléculaire	255
— tri-pipéridique. —	352

Dès ce moment toutefois, mon attention avait été mise en éveil et je croyais qu'il n'en était pas ainsi dans tous les cas. C'est que dès cette époque, en juillet 1895, j'avais fait le dérivé correspondant à l'alcool diméthyl-amido-méthylénique, et son poids moléculaire, déterminé cryoscopiquement, avait donné un chiffre correspondant parfaitement au poids moléculaire d'un composé résultant d'une condensation double seulement. Voici ce que je trouve consigné dans mon journal de travail, à la date du 30 et du 31 juillet 1895, concernant une des expériences faites avec la diméthylamine $(\text{H}_3\text{C})_2\text{NH}$.

« 5 grammes de diméthylamine, soit 15 grammes de
 » la solution aqueuse à 33 %, ont été introduits dans
 » 10 grammes de la solution aqueuse de méthanal
 » $\text{H}_2\text{C} = \text{O}$ aq à 40 %, donc un léger excès.

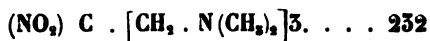
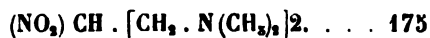
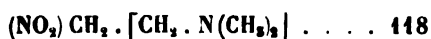
» L'addition de K_2CO_3 en fragments dans le liquide
 » refroidi détermine la séparation d'une couche surnageante constituée par l'hydrate de l'alcool diméthyl-amido-méthyl-
 » amido-méthyl- $(\text{HO})\text{CH}_2 - \text{N}(\text{CH}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$.

» Dans ce produit dûment refroidi par de l'eau
 » glacée, on a introduit petit à petit 2^{rs} de nitro-
 » méthane (*). La réaction est immédiate et très vive. Le
 » liquide se trouble et il s'y dépose une huile épaisse
 » qui ne tarde pas à se prendre en une masse cristalline
 » feuilletée.

» Ce produit, soigneusement desséché, est tout blanc
 » et forme des lamelles nacrées. Il est très peu sapide et
 » pique toutefois sur la langue. Il fond à 56°-57°. Il est
 » très altérable dans les conditions ordinaires, à la
 » lumière et dans l'air; après trois heures, il était déjà
 » devenu jaune.

» Trois déterminations du poids moléculaire, par voie
 » cryoscopique, faites par mon fils, M. Paul Henry, ont
 » donné 170, 178, 177. La moyenne est 175. »

Les poids moléculaires des divers dérivés *mono*, *bi* et
tri-méthyléniques sont les suivants :



Il n'y avait aucun doute à avoir, ce produit, nettement
 défini, répondait à une condensation bi-moléculaire.
 Aussi, je disais à la fin de la notice consacrée à cet objet :

« Dans une communication ultérieure, je ferai con-
 » naître l'action réciproque d'autres dérivés de l'alcool
 » amido-méthylque $(\text{HO})\text{CH}_2 - \text{NH}_2$ sur les nitro-paraf-

(*) La quantité exacte correspondant à une condensation triple
 est 2^{rs}26.

» fines et d'autres composés analogues. Je me bornerai
 » à constater, en terminant, l'action de l'alcool di-méthyl-
 » amido-méthylque $(\text{HO})\text{CH}_2 - \text{N}(\text{CH}_3)_2$; ce corps donne
 » avec le nitro-méthane un composé nettement cristallin
 » qui me paraît avoir dans ce groupe de composés un
 » intérêt tout spécial. »

Les choses en sont restées là pendant longtemps, et je n'ai pas eu l'avantage de pouvoir faire reprendre par l'un de mes élèves les diverses questions se rattachant à cet objet, lequel, en ce qui me concernait personnellement, avait perdu de son intérêt, quant à la question générale de la « *Solidarité fonctionnelle* » dans les composés carbonés.

A la fin du mois de juillet de l'an dernier, je reçus une longue communication de M. le professeur P. Düden, d'Iéna, aujourd'hui directeur scientifique du grand établissement chimique de Höchst ^{a/m}, concernant les produits de l'action des dérivés alkylés de l'alcool amido-méthylque sur le nitro-méthane. Le service des informations chimiques, aujourd'hui si complètement assuré par la *Chemisches Central Blatt*, ne l'était pas autant au moment où mes recherches sur l'objet en question avaient paru — c'était en juillet 1896 (*) — dans le *Bulletin* de l'Académie. Mon savant collègue n'en avait eu que fort tard une connaissance imparfaite (**). Je tiens à remercier

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXXII, 3^e sér., pp. 33 et suiv., 1896.

(**) Le produit résultant de la condensation du nitro-méthane avec l'alcool méthyl-amido-pipéridique $(\text{HO})\text{CH}_2 - \text{N} = \text{C}_6\text{H}_{10}$ n'a pas été renseigné dans les « *Referate* » des « *Berichte* » de Berlin. Il est consigné dans le *Lexikon der Kohlenstoff Verbindungen* de Richter,

ici M. le professeur Düden de son amicale communication; elle procède d'un sentiment de courtoisie scientifique dont j'apprécie toute la délicatesse. M. Düden m'informait que l'on s'était occupé dans son laboratoire des dérivés de la condensation du *nitro-méthane* avec divers composés alkyl-amido-méthyléniques et, en même temps que d'autres renseignements d'un haut intérêt, il m'apprenait que les produits obtenus et notamment celui résultant de l'action de l'alcool méthyl-amido-pipéridique $(\text{HO})\text{CH}_2 - \text{N}(\text{C}_5\text{H}_{10})$ répondaient à une condensation double. La formule moléculaire de ce corps était donc selon lui $(\text{NO}_2)\text{HC} - [\text{CH}_2 - \text{N}(\text{C}_5\text{H}_{10})]_2$ et non $(\text{NO}_2)\text{C} - [\text{CH}_2 - \text{N}(\text{C}_5\text{H}_{10})_5]$. Si l'on se rappelle ce que j'ai rapporté plus haut au sujet du composé formé par le nitro-méthane avec l'alcool *di-méthyl-amido-méthylrique* $(\text{HO})\text{CH}_2 - \text{N}(\text{CH}_3)_2$, on comprend que je n'eus aucune difficulté à accepter le bien fondé de la rectification de M. Düden. Je possédais encore un échantillon du composé pipéridique. J'en fis faire sans retard la détermination cryoscopique du poids moléculaire par mon assistant, M. De Wael. Les trois dérivés pipéridiques possibles ont respectivement pour poids moléculaire

$(\text{NO}_2) \text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{N} . \text{C}_5\text{H}_{10}$	158
$(\text{NO}_2) \text{HC} - (\text{CH}_2 - \text{N} . \text{C}_5\text{H}_{10})_2$	258
$(\text{NO}_2) \text{C} - (\text{CH}_2 - \text{N} . \text{C}_5\text{H}_{10})_3$	352

t. II, page 1894 (2^e édition), qui le cite d'après l'analyse qui en a été faite dans le *Bulletin de la Société chimique de Paris*, t. XV (3), p. 1226.

Je ne suis pas parvenu à le trouver dans le grand *Traité de Beilstein* (3^e édition et suppléments).

On trouva dans la benzine 249.6 et 251.3. La question était donc résolue.

Il résulte de tout cela que le pouvoir de condensation du *nitro-méthane* $\text{H}_3\text{C}-\text{NO}_2$, qui est égal à trois en ce qui concerne le méthanal $(\text{HO})\text{CH}_2(\text{OH})$ (ou $\text{H}_2\text{C} = \text{O}$ aq), n'est égal qu'à deux seulement vis-à-vis des dérivés alkylés de l'alcool amido-méthylique $(\text{HO})\text{CH}_2-\text{NH}_2$, c'est-à-dire du *méthanal* bi-hydroxylé où l'un des groupements $-\text{OH}$ est remplacé par les fragments $-\text{NHR}$, NR' , NR'' des amines.

M. Düden s'est demandé quelle est la raison de cette différence et de ce fait en apparence étrange. Il en donne une explication dont j'accepte sans hésiter le bien fondé. Je la mentionnerai sommairement : c'est qu'il s'établit une réaction combinative entre le dernier des trois atomes d'hydrogène du nitro-méthane et l'un des composants méthyléno-alkyl-amidé $-\text{CH}_2-\text{NR}_2$ voisin, composant à réaction basique, alors que le fragment $\text{HC}-\text{NO}_2$ constitue un pseudo-acide, à la façon de l'acide cyanhydrique $\text{H}-\text{CN}$. Il y a là un fait de réaction chimique intramoléculaire du genre de celui que j'ai admis exister entre les composants $\text{H}_2\text{C}-\text{OH}$ et $\text{H}_2\text{C}-\text{NH}_2$ de l'éthanol-amine, et de celui plus accentué que l'on constate entre les composants $\text{OC}-\text{OH}$ et $\text{H}_2\text{C}-\text{NH}_2$ du glycolle, réaction intramoléculaire que l'on peut invoquer pour rendre compte du caractère exceptionnel que ces composés présentent sous certains rapports. Un nouveau fait de ce genre est bien de nature à m'intéresser vivement au milieu des études expérimentales que je poursuis, sous le titre général de « *Solidarité fonctionnelle* », dans le but de déterminer les

réactions ou influences réciproques des composants fonctionnels dans les composés carbonés à fonctions multiples, simples ou mixtes.

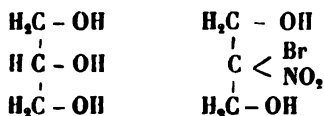
Je retire de cet épisode une leçon dont on ne méconnaîtra ni l'intérêt ni l'importance pratiques, c'est que les conclusions que l'on tire de l'analogie ne doivent être, comme d'autres, accueillies qu'avec une prudente réserve. Si, dans la généralité des cas, elles peuvent aider dans la recherche des faits et servir à les comprendre ou à en provoquer l'apparition, elles peuvent parfois aussi égarer l'esprit et conduire la main loin de la vérité objective.

Je n'ai cependant pas sujet de trop me plaindre d'avoir été mis en défaut, au point de vue objectif, par la confiance trop grande que j'avais fondée sur des déductions analogiques. C'est qu'en effet la condensation double du nitrométhane avec les dérivés amido-méthyléniques, de caractère exceptionnel en apparence, n'aboutit à rien moins qu'à la synthèse directe et totale du noyau C_3H_5 des dérivés glycériques, par la juxtaposition en un seul acte chimique, et de la manière la plus nette, des deux groupements terminaux $-CH_2$ et du groupement intermédiaire $>CH$ qui les relie



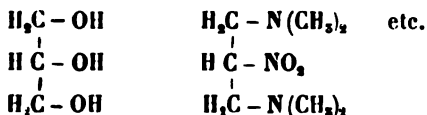
On est ainsi engagé, déjà fort en avant, dans la voie qui conduit à la synthèse directe et totale de la glycérine. Il y a longtemps que la synthèse de ce composé, aussi important au point de vue biologique qu'au point de vue chimique proprement dit, est inscrite au nombre de mes « agenda » et fait l'objet de mes efforts. J'ai déjà fait

remarquer autrefois (*) combien, par la condensation du bromo-nitro-méthane avec le méthanal $\text{H}_2\text{C} = \text{O}$ aq (**), on est près de la glycérine.



Malgré de nombreuses tentatives, je ne suis pas encore parvenu à transformer le système médian $\text{C} < \begin{array}{l} \text{Br} \\ \text{NO}_2 \end{array}$ dans le système *hydroxyle* de la glycérine $\text{HC} - \text{OH}$.

Ici avec le nitro-méthane et les dérivés alkylés amido-méthyliques, on arrive de plein saut dans les dérivés glycériques proprement dits.



J'ai appris avec satisfaction de M. Düden que le com-

(*) Voir le *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas et de la Belgique*, t. XVI, p. 250, année 1897.

(**) Produit mis au jour par un de mes élèves, M. J. Maas. Voir *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3^e sér., t. XXXVI, p. 294, année 1898.

Je rappellerai à cette occasion le beau travail de MM. Oskar Piloty et Otto Ruff sur la *glycérine nitro-isobutylénique* $(\text{NO}_2)\text{C} - (\text{CH}_2 - \text{OH})_2$, produit de l'action de $\text{CH}_2 = \text{O}$ aq sur le nitro-méthane. De ce composé en C_4 , ramené par oxydation en C_3 , il est résulté finalement un composé *glycérique* proprement dit $(\text{HO})\text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_2(\text{OH})$, la *dioxy-acétone*. C'est au fond une *synthèse, en partie analytique*, des composés glycériques.

posant nitré $\text{HC} - \text{NO}_2$ se transforme aisément par voie de réduction dans le composé amidé $\text{HC} - \text{NH}_2$ correspondant. Mais on sait que si la transformation du composant amidé $\text{HC} - \text{NH}_2$ en composant hydroxylé $\text{HC} - \text{OH}$ est des plus aisées, il n'en est pas de même des composants *alkyl-amidés* correspondants, tels que $\text{H}_2\text{C} - \text{N}(\text{CH}_3)_2$, $\text{H}_2\text{C} - \text{N}(\text{C}_5\text{H}_{10})$, etc., qui se montrent singulièrement réfractaires à l'action des réactifs et que l'on n'est pas encore parvenu à convertir en composant « alcool » $\text{H}_2\text{C} - \text{OH}$.

Une fois de plus, j'ai vérifié l'exactitude parfaite de cette assertion dont aucun expérimentateur ne contestera l'absolue vérité, que la nature est toujours plus belle et plus grande dans sa réalité objective que dans les conceptions sous lesquelles notre imagination ou nos raisonnements la font parfois apparaître.

DEUXIÈME PARTIE.

A l'occasion de cet examen, quelques observations intéressantes ont été faites au sujet des relations réciproques des dérivés de condensation du nitro-méthane $\text{H}_3\text{C} - \text{NO}_2$ avec le méthanal $\text{H}_2\text{C} = \text{O}$ aq d'une part et avec l'alcool méthyl-amido-pipéridique $(\text{HO})\text{CH}_2 - \text{N} - \text{C}_5\text{H}_{10}$ d'autre part. Je les exposerai ici succinctement.

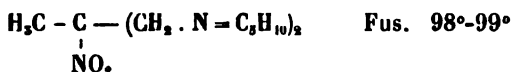
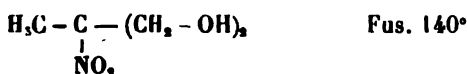
Mais auparavant je rappellerai quelques faits qui permettent de s'orienter dans l'ensemble de ces systèmes réactionnels et d'en comprendre l'économie.

1° La *grande solubilité* dans l'eau du produit $(\text{NO}_2)\text{C} - (\text{CH}_2 - \text{OH})_3$ de l'action du méthanal $\text{H}_2\text{C} = \text{O}$ aq sur le

nitro-méthane $\text{H}_3\text{C} - \text{NO}_2$ et l'insolubilité du dérivé bi-pipéridique $(\text{NO}_2)\text{CH} - (\text{CH}_2 - \text{N} = \text{C}_5\text{H}_{10})_2$ produit de la réaction de $(\text{HO})\text{CH}_2 - \text{N} = \text{C}_5\text{H}_{10}$ sur le même nitro-méthane.

2° La différence de capacité de condensation du nitro-méthane vis-à-vis du méthanal $(\text{HO})\text{CH}_2 - \text{OH}$ et vis-à-vis de l'alcool méthyl-amido-pipéridique $(\text{HO}) - \text{CH}_2 - \text{N} = \text{C}_5\text{H}_{10}$, complète et égale à *trois* dans le premier cas, incomplète et égale à *deux* seulement dans le second.

3° La différence de *fusibilité* qui existe entre les dérivés correspondants hydroxy-méthyléniques - $\text{CH}_2(\text{OH})$ et pipérido-méthyléniques - $\text{CH}_2 \cdot \text{N} = \text{C}_5\text{H}_{10}$.



A. — *Action du méthanal $\text{H}_2\text{C} = \text{O}$ aq sur le dérivé bi-pipéridique $(\text{NO}_2)\text{HC} \cdot (\text{CH}_2 - \text{N} = \text{C}_5\text{H}_{10})_2$.*

Il était à prévoir que l'atome d'hydrogène restant du nitro-méthane serait affecté par le méthanal $\text{H}_2\text{C} = \text{O}$ aq dans le sens habituel.

Il en est effectivement ainsi. L'addition de la solution aqueuse du méthanal à la solution dans l'alcool aqueux du dérivé bi-pipéridique $(\text{NO}_2)\text{CH} - (\text{CH}_2 - \text{N} = \text{C}_5\text{H}_{10})_2$ y détermine un précipité. Celui-ci, recristallisé dans la benzine, fond à $101^\circ - 102^\circ$ et répond à la formule $\text{NO}_2 - \text{C} < \begin{array}{c} \text{CH}_2(\text{OH}) \\ (\text{CH}_2 \cdot \text{N} = \text{C}_5\text{H}_{10})_2 \end{array}$. Je m'en occuperai plus loin.

B. — Action de la pipéridine sur la glycérine
nitro-isobutylénique $\text{NO}_2 \cdot \text{C} \cdot (\text{CH}_2 - \text{OH})_3$.

La solution aqueuse de la pipéridine, introduite dans la solution aqueuse du dérivé tri-hydroxyméthylénique $\text{NO}_2 \cdot \text{C} \cdot (\text{CH}_2 - \text{OH})_3$, y détermine un trouble; il s'y forme bientôt des gouttelettes huileuses qui finissent par se prendre en une masse solide de nature cristalline. Celle-ci, recristallisée dans la benzine, fournit des aiguilles d'une blancheur parfaite qui, comme le produit précédent, fondent à 102° ; c'est également le composé mixte $(\text{NO}_2)\text{C} < \frac{\text{CH}_2 \cdot \text{OH}}{(\text{CH}_2 - \text{N} - \text{C}_5\text{H}_{10})_2}$ produit d'une condensation complète à la fois par le méthanal $(\text{HO})\text{H}_2\text{C} - (\text{OH})$ et par l'alcool méthyl-amido-pipéridique $(\text{HO})\text{CH}_2 - \text{N} = \text{C}_5\text{H}_{10}$.

Quelle qu'en soit la quantité, une, deux ou trois molécules, la pipéridine aqueuse fournit toujours à froid avec la glycérine nitro-isobutylénique le même composé mixte. Celui-ci paraît donc représenter un maximum de stabilité pour le système des trois corps combinés, le méthanal $(\text{HO})\text{CH}_2 - \text{OH}$, la pipéridine aqueuse $(\text{H}_{10}\text{C}_5)\text{NH aq}$, et enfin le nitro-méthane.

On a trouvé dans ce produit 14.90 et 14.86 % d'azote, alors que la formule $(\text{NO}_2)\text{C} < \frac{\text{CH}_2 - \text{OH}}{[\text{CH}_2 - \text{N}(\text{C}_5\text{H}_{10})]_2}$ en demande 14.73 %.

Sa cryoscopie, dans la benzine, a donné comme poids moléculaire 287, alors que, selon la formule, on aurait dû trouver 285.

Soumis une nouvelle fois à l'action de la pipéridine, ce composé mixte, fondant à 102° , revient au composé primitif fondant à $86^\circ\text{--}87^\circ$ et répondant à la formule $(\text{NO}_2)\text{HC} - (\text{CH}_2 \cdot \text{NC}_5\text{H}_{10})_2$. Il est à croire que sous l'action

de la pipéridine, le composant - CH₂ - OH s'élimine sous la forme de composé (HO) CH₂ . N (C₅H₁₀).

Ce composé mixte est identique à celui qui résulte de l'action de l'alcool méthyl-amido-pipéridique sur le *nitro-éthanol* (HO) CH₂ - CH₂ (NO₂) (*).

Une dernière particularité à mentionner, c'est que le dérivé mixte (NO₂) C < $\frac{\text{CH}_2 - \text{OH}}{(\text{CH}_2 - \text{N} \cdot \text{C}_5\text{H}_{10})_2}$ me paraît pouvoir exister sous deux formes et constituer deux variétés stéréo-isomères :

1° Celle dont je me suis occupé jusqu'ici, fondant à 101°-102° ou 102°5 ;

2° Une autre fondant à 78°-79°, cristallisant de l'alcool en petites aiguilles. Comme la variété précédente, elle a pour poids moléculaire un nombre approchant de 285. La cryoscopie dans la benzine a fourni 284.6 comme moyenne de trois déterminations concordantes; la cryoscopie dans le xylène a fourni 282.2. Le dosage de l'azote a donné 15.0 et 15.05 %, alors que la formule en demande 14.73 %.

Cette seconde variété, plus fusible que la première, paraît provenir de l'action de la pipéridine sur la première; elle a été obtenue dans deux circonstances :

a) La première fois par l'action de la pipéridine, 3 molécules, sur la glycérine nitro-iso-butylinique dissoute dans l'eau. Le produit précipité avait été recristallisé dans l'éther.

b) La seconde fois par l'action à chaud de la pipéridine sur le composé mixte (NO₂) C < $\frac{\text{CH}_2 - \text{OH}}{(\text{CH}_2 - \text{N} = \text{C}_5\text{H}_{10})_2}$,

(*) Voir ma notice dans le *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* pour 1899 (Classe des sciences), p. 162.

l'ébullition ayant été maintenue pendant un quart d'heure environ.

Il semble donc qu'avant l'élimination du composant -CH₂-OH et son remplacement par H, pour revenir au composé primitif (NO₂) HC - (CH₂-N = C₅H₁₀)₂, ce composé mixte subit une modification isomérique.

Je tiens à constater en terminant, pour l'en remercier, toute la part qu'a prise dans la partie expérimentale de ces recherches mon assistant M. Auguste De Wael.

—

Sur l'existence de l'alexine hémolitique dans le plasma sanguin (seconde communication); par le Dr A. Falloise.

I.

Dans une communication antérieure (1), nous avons longuement discuté les arguments invoqués pour ou contre la présence des alexines dans le sang circulant. Nous avons montré qu'il n'existait aucun fait scientifiquement bien établi permettant d'affirmer que les liquides de l'organisme vivant soient dépourvus d'alexine.

En comparant chez diverses espèces animales les sérums expulsés du caillot sanguin et les plasmas obtenus par les procédés les plus divers, et notamment par la méthode des tubes paraffinés de Freund et par le procédé de la veine isolée de Fredericq, nous avons constaté que le pouvoir hémolitique du plasma était tout aussi intense et, dans un grand nombre de cas, surtout chez les

(1) A. FALLOISE, *Sur l'existence de l'alexine hémolitique dans le plasma sanguin*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], 1903, n° 6, pp. 521-596.)

oiseaux, notablement plus intense que celui du sérum sanguin correspondant.

Nous en avons conclu que l'alexine hémolytique devait exister à l'état de liberté dans le sang circulant et que sa présence dans le sérum n'était pas due à une destruction leucocytaire se produisant au moment de la coagulation du sang. Sans doute, le plasma obtenu par les procédés que nous venons de citer n'est pas rigoureusement équivalent au plasma du sang circulant, mais il est certain cependant qu'il s'en rapproche beaucoup plus que le sérum expulsé du caillot, soit spontanément, soit par centrifugation, et qui est resté pendant un temps beaucoup plus long au contact des leucocytes.

Depuis la publication de ce mémoire, toute une série d'auteurs ont repris ces recherches avec les mêmes méthodes et sont arrivés à un résultat identique. C'est ainsi que Hewlett (1), en recueillant du plasma de sang d'oie en tubes paraffinés, constate que son pouvoir hémolytique est égal ou plus fort que celui du sérum ; Sweet (2), Domeny et surtout Bellei (3), qui a préparé son plasma paraffiné très rapidement, obtiennent des résultats analogues ; il en est de même de Lambotte (4), qui a étudié les pouvoirs bactéricide et hémolytique des plasmas du sang de cheval obtenus par le procédé de la

(1) HEWLETT, *Ueber die Einwirkung des Peptonblutes auf Hämolyse und Baktericidie*. (ARCHIV FÜR EXPERIM. PATHOL., 1903, t. XLIX, p. 307.)

(2) SWEET, *Centralbl. für Bakteriologie und Parasitenk.*, 1903, t. XXXIII.

(3) BELLEI, *Hämolyse durch Blutplasma und Blutserum* (MÜNCHEN. MEDICIN. WOCHENSCHR., 1904, n° 2.)

(4) LAMBOTTE, *Contribution à l'étude de l'origine de l'alexine bactéricide*. (CENTRALBL. FÜR BAKTERIOLOGIE, 1903, t. XXXIV, n° 5.)

veine isolée. Seul Herman (1) arrive à un résultat différent, mais une simple lecture de son mémoire montre que les procédés qu'il a employés sont défectueux.

A côté de ces recherches faites *in vitro*, une série d'expériences faites *in vivo* et publiées dans ces deux dernières années par Grüber (2), Pfeiffer (3), Sachs (4), Ascoli (5), Bellei, etc., concordent toutes pour démontrer la présence des alexines dans le sang circulant.

D'autre part, l'extraordinaire fragilité des leucocytes, toujours invoquée, par ceux qui refusent d'admettre la présence d'alexine dans le sang, pour expliquer les résultats obtenus, n'est aucunement démontrée. Il est actuellement établi, au contraire, par des recherches nombreuses de Gürber (6), Bayon (7), Dastre (8), Arthus (9), que les leucocytes ne sont nullement détruits

(1) HERMAN, *Sur l'origine des alexines*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE MÉD. DE BELGIQUE, 1904, fasc. 2, p. 137.)

(2) GRÜBER, *Mode d'action et origine des substances actives des sérums préventifs et des sérums antitoxiques*. Rapport présenté au XIII^e Congrès d'hygiène. Bruxelles, 1903.

(3) PFEIFFER, *Congrès d'hygiène de Bruxelles, 1903, 4^{re} section*. Rapport sur la première question, p. 27.

(4) SACHS, *Ueber die Vorgänge im Organismus bei Transfusion fremdartigen Blutes*. (ARCHIV FÜR ANAT. UND PHYSIOL., Physiol. Abtheil., 1903, pp. 494-504.)

(5) ASCOLI, *Ueber hämolytisches Blutplasma*. (DEUTSCHE MEDICIN. WOCHENSCHR., 1902, n^o 41.)

(6) GÜRBER, *Weisse Blutkörperchen und Blutgerinnung*. (SITZ. DER WÜRZB. PHYS. MEDIC. GESELLSCH., 1892.)

(7) BAYON, *Leukocyten und Blutgerinnung*. (ZEITSCHR. FÜR BIOL., 1904, t. XLV, pp. 104-111.)

(8) DASTRE, *Sur les causes initiales de la coagulation*. (C. R. Soc. BIOL., 1903, t. LV, pp. 1342-1350.)

(9) ARTHUS, *Sur la genèse du fibrin-ferment*. (C. R. Soc. BIOL., 1903, t. LV, p. 1350.)

au moment de la coagulation du sang et que, loin d'être des éléments facilement altérables, ils sont, au contraire, très résistants dans les liquides organiques.

Le soi-disant phénomène de la *phagolyse* ou *leucolyse* par lequel Metchnikoff explique toujours la présence de l'alexine dans les liquides de l'organisme, soigneusement recherché par Wolff (1) et par Pfeiffer (2), n'a jamais pu être observé par ces auteurs.

On sait actuellement aussi que l'hypoleucocytose que l'on observe à la suite d'injection de certaines substances (albumoses) dans la circulation, et que l'on attribuait, en se basant sur de simples numérations leucocytaires, à une destruction des globules blancs, est due à leur accumulation dans la rate et les poumons ou à leur sortie par diapédèse des vaisseaux de l'aire splanchnique (Bruce (3), Athanasiu et Carvallo (4), Nolf (5), etc.), et non à leur destruction.

Enfin, il résulte des observations de Ruziczka, faites tant *in vivo* qu'*in vitro* dans le laboratoire de Grüber (6),

(1) WOLFF, *Beiträge zur Kenntniss der morphol. Vorgänge bei der Infection und Immunität*. (BERLIN. KLIN. WOCHENSCHR., 1903, pp. 48 et 49.)

(2) PFEIFFER, *Mode d'action et origine des substances actives des sérums préventifs et des sérums antitoxiques*. Rapport présenté au XIII^e Congrès d'hygiène, 1^{re} section. Bruxelles, 1903.

(3) BRUCE, *On the disappearance of the leucocytes from the blood after injection of peptone*. (PROCEED. ROY. SOC., 1903, t. LV, pp. 295-299.)

(4) ATHANASIU et CARVALLO, *Recherches sur le mécanisme de l'action anticoagulante des injections intraveineuses de peptone*. (ARCH. DE PHYSIOL., 1896, n^o 5, t. VIII, pp. 863-881.)

(5) NOLF, *De la nature de l'hypoleucocytose propeptonique*. (ARCH. INTERNAT. DE PHYSIOL., 1904, p. 142.)

(6) GRÜBER, *loc. cit.*

que l'hémolyse et la digestion intraleucocytaire des globules rouges sont deux processus totalement différents. L'hématie nucléée qui s'hémolyse gonfle et abandonne son hémoglobine, et cela *très rapidement*. Quand une hématie est phagocytée, au contraire, la masse hémoglobinique se ratatine et se fragmente au sein du leucocyte, puis disparaît progressivement et *très lentement*, sans abandonner son hémoglobine au milieu ambiant.

Si l'on met les leucocytes en suspension dans un liquide indifférent (solution physiologique de NaCl ou sérum inactivé par le chauffage), ceux-ci conservent la propriété de phagocyter les globules rouges, mais le liquide n'acquiert aucun pouvoir hémolytique. L'addition d'antialexine n'empêche nullement la phagocytose, alors qu'elle empêche totalement l'hémolyse par les alexines.

Falloise et Dubois (1), dans un travail récent, ont montré qu'il n'y avait aucune relation entre la richesse en leucocytes du sang et les pouvoirs hémolytique et bactéricide des sérums qui proviennent de ce sang.

D'autre part, Hoke (2) constate que si à un sérum contenant de l'alexine on ajoute des leucocytes, ou des fragments d'organes macrophagiques, la richesse en alexine du sérum, au lieu d'augmenter, diminue, les leucocytes fixant une partie de celle-ci.

Tous ces faits se concilient très mal avec la théorie exclusivement phagocytaire de l'immunité naturelle.

(1) FALLOISE et DUBOIS, *Hyperleucocytose et pouvoir cytotoxique du sérum sanguin*. (ARCH. INTERNAT. DE PHYSIOL., 1904, t. II, fasc. 2, p. 54.)

(2) HOKE, *Ueber Komplembildung durch Organzellen*. (CENTRALBL. FÜR BAKTERIOL., 1903, t. XXXIV, pp 692-695.)

Metchnikoff (1) et son élève Levaditi (2), qui continuent à la défendre, ont fait à nos expériences et à celles de certains des auteurs que nous venons de citer quelques objections. Le présent travail démontrera qu'elles ne sont pas fondées.

II.

La préparation des plasmas nécessite l'emploi de la force centrifuge; on ne parvient, en effet, à se débarrasser des globules rouges et des leucocytes qu'en plaçant le sang pendant un temps plus ou moins long dans une centrifugeuse à rotation rapide. Metchnikoff a objecté à nos expériences (1) que la centrifugation prolongée du sang, même en tubes paraffinés, même dans la veine ligaturée, doit nécessairement détruire une grande quantité de leucocytes, et que c'est à cette destruction qu'est due la présence de l'alexine hémolytique dans le plasma.

La centrifugation du sang en tube paraffiné fournit un plasma extrêmement clair et transparent; pas de trace d'hémoglobine ne s'échappe des globules rouges, dont la fragilité est cependant bien connue. Il serait à priori bien singulier que, sous l'influence de la force centrifuge, les globules blancs soient détruits, tandis que les globules rouges demeurent parfaitement intacts. D'autre part, le plasma paraffiné ou celui de la veine isolée, séparé de la couche des globules et conservé aseptiquement, demeure

(1) METCHNIKOFF, *Comptes rendus du Congrès d'hygiène de Bruxelles*, 1903, t. II, 1^{re} section.

(2) LEVADITI, *Ibidem*.

très longtemps liquide (le plasma paraffiné d'oiseau ne coagule pas après des mois), ce qui dénote tout au moins une grande pauvreté en fibrin-ferment inconciliable avec une destruction ou altération prononcée des leucocytes. Enfin, en admettant même qu'une partie des leucocytes soient détruits ou altérés pendant la centrifugation, cela n'expliquerait pas encore ce fait que certains plasmas, les plasmas d'oiseaux notamment, sont plus hémolytiques que les sérums.

Mais toute une série d'expériences directes démontre que l'objection de Metchnikoff n'est pas fondée.

Supposons, comme le veut Metchnikoff et en dépit des travaux récents, que la coagulation du sang détruise un grand nombre de leucocytes et que la centrifugation agisse de même. Préparons, d'une part, du plasma, en recevant du sang à travers une courte canule paraffinée dans un tube paraffiné immédiatement centrifugé pendant un temps donné; préparons, d'autre part, du sérum, en recevant du sang dans un tube contenant des perles de verre, en agitant ce tube pendant une dizaine de minutes pour défibriner, puis en centrifugeant le tout pendant le même temps que le sang en tube paraffiné. Il est évident que le sérum provenant d'un sang soumis successivement à la défibrination et à la centrifugation devra contenir plus d'alexine ou tout au moins autant que le plasma qui provient d'un sang simplement centrifugé. Or, lorsque l'on expérimente chez les oiseaux, par exemple, c'est juste l'inverse que l'on observe. Le plus souvent, le plasma est plus hémolytique que le sérum; dans tous les cas, il l'est autant. Voici, à titre d'exemple, les protocoles de deux expériences de ce genre chez les oiseaux. Nous avons répété cette expérience un grand nombre de fois avec le même résultat.

Expérience I.

Un coq est fixé sur la table d'opération. Une canule paraffinée intérieurement est introduite dans la carotide droite. Un échantillon de sang est reçu dans un tube en verre paraffiné et baignant dans l'eau glacée. Le tout est immédiatement placé dans l'appareil à force centrifuge. La centrifugation dure dix minutes.

Un second échantillon de sang est reçu dans un tube en verre non paraffiné contenant des perles de verre. On ajoute un fragment de caillot pris sur les bords de la plaie pour faciliter la coagulation et l'on agite pendant dix minutes, puis l'on soumet le tout, pendant dix nouvelles minutes, à l'action de la force centrifuge.

Le pouvoir hémolytique est étudié sur des globules rouges de lapin préalablement lavés, placés dans une solution physiologique de NaCl. A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules rouges de lapin placés dans de petits tubes de même calibre, on ajoute des quantités décroissantes de sérum et de plasma. On met à l'étuve à 37° pendant deux heures, on centrifuge et l'on juge du degré d'hémolyse par la comparaison des teintes dans chacun des petits tubes.

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en centimètres cubes.	Sérum du sang défibriné et centrifugé.	Plasma paraffiné.
0.50	Hémolyse moyenne.	Hémolyse forte.
0.30	— faible.	— moyenne.
0.20	— très faible.	— moyenne.
0.10	— nulle.	— faible.
0.05	— nulle.	— très faible.

Expérience II.

Sang de coq. L'opération est faite comme dans l'expérience I.

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en centimètres cubes.	Sérum du sang défibriné et centrifugé.	Plasma paraffiné.
0.30	Hémolyse forte.	Hémolyse forte.
0.20	— moyenne.	— moyenne.
0.10	— faible.	— moyenne.
0.05	— nulle.	— faible.

Des expériences analogues ont été faites cinq fois chez le lapin et sept fois chez le chien avec les mêmes résultats. Chez ces derniers animaux, cependant, le pouvoir hémolytique du plasma, au lieu d'être nettement plus prononcé que celui du sérum, comme c'est le cas chez le coq, lui est simplement équivalent.

Voici les protocoles d'une expérience chez le chien et d'une autre chez le lapin.

Expérience III.

Chien de 4 kilogrammes. L'expérience est conduite exactement comme pour le coq. Le pouvoir hémolytique est essayé sur des globules de cobaye.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de cobaye au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en centimètres cubes.	Sérum du sang défibriné et centrifugé.	Plasma paraffiné.
0.30	Hémolyse forte.	Hémolyse forte.
0.20	— moyenne.	— moyenne.
0.15	— moyenne.	— moyenne.
0.10	— faible.	— faible.
0.05	— nulle.	— faible.

Expérience IV.

Lapin de 2^{me} 540. Expérience faite comme la précédente.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de coq au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en centimètres cubes.	Sérum du sang défibriné et centrifugé.	Plasma paraffiné.
0.40	Hémolyse forte.	Hémolyse forte.
0.30	— forte.	— forte.
0.20	— forte.	— forte.
0.15	— moyenne.	— forte.
0.10	— faible.	— moyenne.
0.05	— très faible.	— très faible.

Dans un certain nombre d'expériences, au lieu de plasmas obtenus par la méthode des tubes paraffinés, nous avons employé des plasmas préparés par le procédé de la veine isolée. Chez les chiens de grande taille, l'expérience échoue souvent, le plasma coagulant au sortir de la veine si la centrifugation n'a pas été de très longue durée. Chez les lapins, au contraire, en ouvrant rapidement le thorax au moyen de cisailles et en prenant la veine cave inférieure depuis le cœur jusqu'au diaphragme, on obtient très facilement, et sans avoir besoin de centrifuger très longtemps (vingt à trente minutes), un plasma exempt de leucocytes et ne coagulant que très lentement. Les résultats ont été les mêmes que ceux obtenus au moyen des plasmas paraffinés : le plasma de la veine est plus hémolytique que le sérum sanguin. Il est par conséquent inutile de donner les protocoles détaillés de toutes ces expériences.

Si, pendant le séjour du sang dans l'appareil à force centrifuge, les leucocytes s'altèrent et se détruisent, il est évident que la destruction ou l'altération sera d'autant plus profonde que la centrifugation aura été plus prolongée et par suite, d'après la théorie de Metchnikoff, les plasmas d'autant plus riches en alexine.

L'expérience ne confirme pas cette manière de voir. Si l'on reçoit du sang d'un animal, coq ou lapin, à travers une canule paraffinée dans une série de tubes paraffinés plongeant dans la glace fondante et que l'on centrifuge immédiatement ces tubes, pendant des temps différents, soit cinq, dix, vingt, trente minutes, les plasmas que l'on obtient de cette façon ont tous même pouvoir hémolytique. Voici les protocoles de deux expériences. Tous les autres sont identiques. Il est donc inutile de les rapporter.

Expérience V.

Le sang de coq est reçu dans quatre tubes paraffinés, centrifugé immédiatement. La centrifugation est interrompue au bout de cinq minutes pour le premier, de dix minutes pour le deuxième, de vingt minutes pour le troisième, de trente minutes pour le quatrième.

Le pouvoir hémolytique des plasmas est déterminé sur des globules de lapin par le dosage de l'hémoglobine dissoute suivant le procédé de Gousse-Mioni (1).

	% d'hémoglobine dissoute.
Plasma centrifugé 5'	= 33
— 10'	= 32
— 20'	= 34
— 30'	= 32

Expérience VI.

Sang de lapin ; expérience identique.

Pouvoir hémolytique déterminé sur des hématies de coq.

	% d'hémoglobine dissoute.
Plasma centrifugé 5'	= 42
— 10'	= 40
— 20'	= 44
— 30'	= 43

Des expériences analogues, faites à l'abattoir même, au

(1) MIONI, *Dosage du pouvoir hémolytique*. (C. R. Soc. BIOL., 1904, t. LVI, p. 157.)

moyen de plasma paraffiné ou oxalaté de sang de bœuf (1) recueilli très rapidement, centrifugé et pipetté dans le local même où l'animal est abattu, nous ont fourni des résultats analogues. Ainsi donc, la centrifugation, même prolongée, n'augmente nullement le pouvoir hémolytique des plasmas.

Elle ne détruit pas non plus les leucocytes, ainsi que cela résulte des expériences suivantes : On reçoit du sang de lapin dans un tube paraffiné plongeant dans l'eau glacée, on prélève rapidement un échantillon de sang destiné à une numération leucocytaire, on centrifuge pendant un temps variant de cinq à trente minutes, puis on retourne un grand nombre de fois le tube pour mélanger à nouveau globules et plasma, et l'on fait dans ce sang une nouvelle numération des leucocytes. On constate que le nombre des leucocytes n'a pas changé après la centrifugation. En outre, si, après centrifugation du sang en tubes paraffinés plongeant dans l'eau glacée, on prélève des leucocytes dans la couche qui surmonte les globules rouges et qu'on les examine au microscope à une température appropriée, on constate qu'ils sont parfaitement intacts et qu'un certain nombre d'entre eux

(1) Dans un travail récent, Mioni prétend avoir obtenu du plasma de sang de bœuf dépourvu d'alexine en rendant le sang incoagulable par le fluorure de sodium, en le diluant au tiers avec une solution physiologique de NaCl et en le centrifugeant pendant cinq ou six minutes, la centrifugation débutant moins d'une minute après la prise.

Nous avons vainement essayé de répéter ces expériences, tant sur le bœuf que sur le chien, le coq et le lapin. MIONI, *Le développement de l'hémolysine dans le sang sorti des vaisseaux*. (C. R. Soc. BIOL., t. LV, p. 1637.)

sont animés de mouvements amœboïdes. La centrifugation n'a donc ni détruit ni profondément altéré les leucocytes.

Quoi qu'il en soit, pour éliminer totalement l'action de la centrifugation, nous avons préparé des plasmas de la façon suivante : On se rend à l'abattoir en hiver, lorsque la température est au voisinage de 0°. Les veines jugulaires d'un cheval sont isolées entre deux ligatures et suspendues verticalement. Très rapidement, les éléments figurés se déposent plus ou moins complètement. On recueille en même temps du sang qu'on abandonne à la coagulation spontanée pour en avoir le sérum. Après huit heures pour une des veines et vingt-quatre heures pour l'autre veine, on recueille les plasmas. En même temps, on sépare le sérum du caillot sanguin. Les plasmas, à la vérité, ne sont pas, par ce procédé, totalement dépouillés des leucocytes.

Mis en contact de globules sensibilisés de lapin, leur pouvoir hémolytique est équivalent ou même un peu plus prononcé que celui du sérum sanguin.

Ici, on ne peut cependant invoquer une altération des leucocytes par la centrifugation.

Par le procédé de la veine de cheval, nous avons pu démontrer, en outre, que le nombre des leucocytes en suspension dans un plasma n'a aucune influence sur le pouvoir hémolytique de ce plasma. Voici comment ces expériences sont faites : On isole une veine jugulaire de cheval sur une grande longueur et on la suspend verticalement. On l'abandonne ainsi pendant plusieurs heures. Les globules rouges se déposent les premiers et rapidement. Les globules blancs, au contraire, sont très lents à se déposer. A ce moment, le contenu de la veine est constitué par une zone inférieure, formée surtout de glo-

bules rouges, et une zone supérieure, formée principalement de plasma. La partie supérieure de la couche de plasma est relativement pauvre en leucocytes; la partie inférieure, celle qui est voisine des globules rouges, est, au contraire, riche en globules blancs, ainsi que cela résulte des numérations que nous avons faites. On pose sur la veine deux ligatures, la première passant immédiatement au-dessus des globules rouges, la seconde divisant en deux moitiés la zone constituée par le plasma. Nous avons alors deux échantillons de plasma, l'un provenant de la moitié inférieure, très riche en leucocytes, l'autre provenant de la moitié supérieure, beaucoup plus pauvre, souvent quatre à cinq fois plus pauvre en leucocytes. Si on détermine le pouvoir hémolytique de ces deux plasmas sur des globules sensibilisés de lapin, on s'aperçoit qu'il est le même chez les deux.

Toutes ces expériences démontrent nettement que la présence de l'alexine dans les plasmas n'est pas attribuable à l'altération des leucocytes; celle-ci doit être très minime, et, en tout cas, le pouvoir hémolytique des plasmas et des sérums n'est nullement en rapport avec l'intensité de cette altération.

III.

On sait que l'humeur aqueuse normale ne contient pas de leucocytes, elle ne contient pas non plus d'alexine hémolytique; ajoutée à des globules rouges étrangers, elle n'en provoque pas l'hémolyse.

Ce fait a été invoqué comme un des plus puissants arguments contre la théorie qui admet la présence de

l'alexine en liberté dans le sang et comme une preuve de son origine leucocytaire; si le sang contenait de l'alexine, celle-ci devrait se retrouver dans l'humeur aqueuse.

Dans notre précédent mémoire (1), nous avons fait remarquer que l'humeur aqueuse est extraordinairement pauvre en substances albuminoïdes [0.8 à 1.2 ‰ d'après Hammarsten (2)], beaucoup plus pauvre que le plasma sanguin.

En outre, on n'est pas d'accord sur l'origine de l'humeur aqueuse; pour certains auteurs, elle ne serait pas un transsudat du sang, mais un liquide de sécrétion provenant des procès ciliaires. Dès lors, rien d'étonnant à ce que l'alexine y fasse défaut.

Quoi qu'il en soit, on peut, par des expériences directes, démontrer que l'argument tiré de l'absence d'alexine dans l'humeur aqueuse n'a aucune valeur.

Si nous défibrinons la totalité du sang d'un animal, nous allons, d'après la théorie de Metchnikoff, mettre une grande quantité d'alexine en liberté par destruction ou altération des leucocytes. Si nous réinjectons dans les vaisseaux de l'animal le sang ainsi défibriné, nous introduisons en même temps dans son organisme cette grande quantité d'alexine. Une partie de celle-ci devra, pour que l'argument ait la valeur qu'on lui attribue, pénétrer dans l'humeur aqueuse.

Or, cela ne se réalise nullement. L'humeur aqueuse, recueillie après injection de sang défibriné dans les vaisseaux, ne possède aucun pouvoir hémolytique.

(1) A. FALLOISE, *loc. cit.*

(2) HAMMARSTEN, *Lehrbuch der physiol. Chemie*, p. 196.

Les expériences sont conduites de la manière suivante :

Les animaux sur lesquels on opère (chiens) sont attachés dans la gouttière de Claude Bernard et anesthésiés. Une canule est placée dans le bout central de la carotide, une autre dans la veine crurale. On prélève un échantillon de sang, qui est centrifugé après coagulation, pour en extraire le sérum. Au moyen d'une seringue de Pravaz, dont le piston est enlevé et qui est armée d'une aiguille très fine, on ponctionne l'œil droit à travers la cornée. L'humeur aqueuse pénètre d'elle-même dans le corps de la seringue.

On fait alors à la carotide des prises successives de sang, qui est défibriné par battage, filtré sur laine de verre, chauffé à 40° et réinjecté à l'animal par la veine crurale. Au bout de dix à quinze saignées et réinjections, le sang est complètement défibriné; il est devenu incoagulable. Toute l'opération dure de deux à trois heures. A ce moment, on recueille par ponction l'humeur aqueuse de l'œil gauche et l'on prend un échantillon de sang qui est centrifugé pour en avoir le sérum.

Si l'on examine alors le pouvoir hémolytique de ces derniers liquides sur des globules rouges de lapin, on constate que l'humeur aqueuse de l'œil gauche, pas plus que celle de l'œil droit, n'est hémolytique; les sérums du sang, au contraire, le sont très nettement. Ainsi donc, on a pu, pendant deux ou trois heures, introduire de l'alexine dans les vaisseaux de l'animal, sans que la moindre trace de celle-ci pénétrât dans l'humeur aqueuse.

Nous avons rendu ces expériences plus démonstratives encore en les modifiant de la façon suivante : au lieu de prendre l'humeur aqueuse de l'œil droit avant la défibri-

nation, puis celle de l'œil gauche après celle-ci, on prend l'humeur aqueuse du même œil avant et après l'opération. L'humeur aqueuse, en effet, se reforme rapidement. Pendant les deux ou trois heures que dure la défibrination, l'œil qui a été ponctionné au moyen d'une aiguille très fine se remplit d'humeur aqueuse de nouvelle formation, que l'on se procure par une deuxième ponction. Ce liquide non plus n'a aucun pouvoir hémolytique.

Nous avons répété ces expériences un grand nombre de fois, toujours avec le même résultat. La condition *sine qua non* de réussite est que la ponction de la cornée ne s'accompagne d'aucune hémorragie. Si la moindre trace de sang se mêle à l'humeur aqueuse, celle-ci acquiert un pouvoir hémolytique plus ou moins prononcé et, de plus, se prend en caillot.

On pourrait objecter à ces expériences que si l'alexine injectée dans les vaisseaux de l'animal ne pénètre pas dans l'humeur aqueuse, c'est peut-être qu'elle est fixée au fur et à mesure de son introduction dans les vaisseaux par les cellules de l'endothélium vasculaire, et que l'alexine qui se trouve dans le sérum fourni par la dernière prise de sang provient des leucocytes mêlés à ce sang, que le contact du verre a altérés.

Pour réfuter cette objection, l'expérience est modifiée de la façon suivante : chez un très grand chien, en même temps que l'on ponctionne pour la seconde fois la cornée après la défibrination totale, on isole la veine jugulaire entre deux ligatures et on la centrifuge immédiatement ; globules rouges et leucocytes se déposent dans la veine, la partie liquide du sang qui surnage est nettement hémolytique, tout aussi hémolytique que le sérum recueilli sans ces précautions.

Ainsi donc, l'absence d'alexine dans l'humeur aqueuse ne démontre nullement son absence dans le sang circulant; celui-ci peut parfaitement être chargé d'alexine sans que pour cela l'humeur aqueuse en contienne, l'endothélium vasculaire de l'œil s'opposant vraisemblablement à sa filtration.

Un argument du même ordre est tiré des expériences faites par Métalnikoff (1) avec le sérum *autospermotoxique*. En injectant du sperme de cobaye à un cobaye, on obtient un sérum qui a la propriété d'immobiliser *in vitro* les spermatozoïdes du cobaye. Or, si l'on sacrifie ce cobaye, on trouve dans les épидидymes les spermatozoïdes parfaitement mobiles. On en conclut que l'alexine n'existait pas à l'état de liberté dans le sang. Nous n'avons pas fait d'expérience pour réfuter ce point. Il est vraisemblable que l'explication est la même que pour l'humeur aqueuse, l'alexine pourrait parfaitement se trouver dans le sang sans pénétrer jusque dans les épидидymes.

IV.

Levaditi a publié dans le compte rendu du Congrès d'hygiène de Bruxelles (2) quelques expériences nouvelles destinées à confirmer la théorie de Metchnikoff. Il injecte dans le torrent circulatoire de cobayes des hématies de pigeon. Ces injections sont faites dans la veine

(1) MÉTALNIKOFF, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1900, t. XIV.

(2) LEVADITI, *Le sort des hématies nucléées introduites dans la circulation générale des animaux neufs ou immunisés à l'aide de ces hématies*. (C. R. CONGRÈS D'HYGIÈNE, 1903, t. II.)

jugulaire chez des cobayes neufs et chez des cobayes immunisés, c'est-à-dire ayant reçu au préalable des injections répétées de sang de pigeon, et il examine ce qui se passe dans le sang périphérique et dans l'intimité des organes après ces injections.

Il constate que chez les cobayes immunisés, il y a dissolution extracellulaire, c'est-à-dire hémolyse dans le sang circulant des hématies injectées, ce qui plaide évidemment en faveur de la présence de l'alexine à l'état de liberté. Levaditi attribue ce phénomène à une phagolyse, uniquement parce que le nombre des leucocytes dans le sang périphérique subit une diminution. Nous avons vu que cette diminution est due, non à une destruction des leucocytes, mais à une accumulation dans la rate et les poumons, et à leur sortie par diapédèse des vaisseaux de l'aire splanchnique.

Chez les cobayes neufs, au contraire, si l'on examine le sang cinq minutes, trente minutes, quarante-six minutes ou une heure quarante minutes après l'injection de sang de pigeon, on constate la présence d'hématies nucléées persistant inaltérées dans ce sang parfois plus d'une heure après l'injection ; ce qui démontre, d'après Levaditi, que l'alexine hémolytique ne se trouve pas à l'état de liberté dans le plasma, puisque le sérum de cobaye neuf exerce *in vitro* une action dissolvante assez accentuée à l'égard de ces hématies.

A un examen superficiel, cette expérience de Levaditi paraît en effet très démonstrative en faveur de sa thèse. Nous allons voir que, en réalité, il n'en est rien.

Levaditi injecte chez ses cobayes neufs 1^{cc}2 d'une émulsion épaisse d'hématies de pigeon et il retrouve dans le sang périphérique un grand nombre d'hématies

intactes cinq minutes, trente minutes, quarante-six minutes et même une heure après l'injection.

Le premier point à examiner est la façon dont se comporte le sérum de cobaye neuf auquel on ajoute les mêmes doses d'hématies de pigeon et que l'on place à l'étuve à 38° pendant les mêmes périodes de temps. Levaditi n'indique pas dans son travail le poids des cobayes employés. Supposons que leur poids soit de 400 à 600 grammes, ce qui représente déjà des cobayes de grande taille. La quantité de sang est d'environ le treizième du poids du corps, soit de 30 à 46 centimètres cubes. Le sang contient un peu plus de la moitié de sérum ou plasma, un peu moins de la moitié de globules rouges. Si nous admettons que les $\frac{6}{10}$ de la masse totale du sang soient du plasma, la quantité totale de plasma qui circule dans les vaisseaux des cobayes sera, suivant le poids, de 18 à 27 centimètres cubes. C'est à cette quantité que Levaditi ajoute 1^{cc}2 d'une émulsion épaisse d'hématies de pigeon. Voyons maintenant comment se comporte le sérum additionné des mêmes doses d'hématies :

Un cobaye de 410 grammes est saigné par la carotide, le sang est abandonné à la coagulation spontanée et le sérum recueilli. A 4 centimètres cubes de ce sérum, nous ajoutons 0^{cc}26 d'une émulsion épaisse d'hématies de pigeon, nous agitons et nous plaçons à l'étuve à 38°. Après cinq minutes, trente minutes, quarante minutes et une heure, nous examinons une goutte du mélange au microscope : on aperçoit une très grande quantité d'hématies nucléées, parfaitement intactes, nullement hémolysées. Si l'on abandonne sérum et hématies jusqu'au lendemain à la température du laboratoire, on retrouve

encore des hématies intactes. La même expérience a été répétée avec le même résultat sur le sérum d'un cobaye de 520 grammes et sur celui d'un cobaye de 600 grammes. Il y a plus. Si, au lieu d'ajouter au sérum de cobaye une dose d'hématies équivalente à celle que Levaditi injecte dans les vaisseaux, nous ajoutons une dose moitié moindre, nous trouvons encore, après une heure de séjour à l'étuve à 38°, un certain nombre d'hématies nucléées parfaitement intactes.

Il résulte de ceci que l'expérience de Levaditi s'explique parfaitement : il retrouve dans le sang des cobayes après l'injection des hématies intactes en grand nombre, simplement parce qu'il a injecté des hématies en quantité trop considérable. Il en a introduit beaucoup plus que l'alexine n'en pouvait hémolyser. Une faible partie des hématies est détruite dans le plasma, une autre partie est phagocytée, le reste se retrouve intact dans le sang. On peut du reste démontrer directement, par une expérience très simple, qu'une partie des hématies est hémolysée dans le sang de l'animal *in vitro*.

L'expérience est faite chez des lapins au moyen de globules rouges de coq lavés. On introduit dans le bout central d'une carotide de lapin une canule paraffinée, et l'on recueille du sang dans deux tubes paraffinés entourés de morceaux de glace. L'un des tubes est centrifugé tel quel pendant dix minutes. L'autre est centrifugé pendant le même temps après qu'on y a ajouté des hématies de coq.

Après la centrifugation, on obtient dans les deux tubes un plasma parfaitement clair ne contenant pas d'hémoglobine, l'hémolyse ne se faisant pas à la température de 0°.

On injecte alors dans la veine jugulaire du lapin une émulsion épaisse d'hématies de coq, et, quatre à cinq minutes après l'injection, on reçoit du sang du lapin dans un tube paraffiné plongeant dans de la glace; le tout est également centrifugé dix minutes. Le plasma obtenu dans ce dernier cas est fortement teinté d'hémoglobine, qui provient de l'hémolyse subie par les hématies de coq dans les vaisseaux mêmes de l'animal.

Batelli (1), tout récemment, a fait des expériences du même genre chez les chiens et les lapins auxquels il injecte des globules de mouton. Il a constaté de plus ce fait très intéressant et fort démonstratif, que nous pouvons confirmer, que, après l'injection des globules étrangers, le pouvoir hémolytique du sérum du sang de l'animal diminue proportionnellement à la quantité de globules injectés et devient même nul si l'on a injecté un excès de globules; ce qui démontre la fixation par les globules étrangers de l'alexine qui se trouvait en liberté dans le sang.

V.

CONCLUSIONS. — 1° Les plasmas obtenus par le procédé de Freund des tubes paraffinés, ou de Fredericq (veine isolée), et centrifugation peu prolongée, préparés avec le minimum d'altération leucocytaire, sont aussi hémolytiques ou même plus hémolytiques (oiseaux) que le sérum

(1) BATELLI, *L'hémolyse in vivo des animaux*. (C. R. SOC. BIOL., 1904, t. LVI, p. 848.)

qui provient du même sang soumis, sans aucune précaution, successivement à l'action de la défibrination et de la force centrifuge ;

2° La richesse en alexine des liquides, sérum ou plasma, n'est nullement en rapport avec le degré de l'altération leucocytaire ;

3° La centrifugation, même prolongée, du sang refroidi ne détruit pas les leucocytes. Elle ne les altère pas ou très peu, car ils conservent leurs mouvements amœboïdes, et n'abandonnent pas le fibrin-ferment ;

4° La richesse en alexine des liquides n'est nullement en rapport avec le nombre des leucocytes qu'ils contiennent ;

5° L'alexine hémolytique qui se trouve dans les plasmas, *in vitro*, ne peut donc provenir des leucocytes. Elle existait dans le sang circulant ;

6° L'alexine hémolytique fait défaut dans l'humeur aqueuse, non parce qu'elle fait défaut dans le sang, mais parce que, dans les conditions physiologiques, son passage dans les liquides de l'œil est empêché ;

7° L'injection dans le torrent circulatoire de globules rouges étrangers est suivie de l'hémolyse de ceux-ci dans l'intérieur des vaisseaux. En même temps, la quantité d'alexine diminue proportionnellement au nombre de globules rouges injectés. Si ce nombre est suffisant, on peut dépouiller totalement le sang et le sérum de l'alexine hémolytique qui s'y trouvait.

Quelques observations sur les acides crotonique et isocrotonique (1); par le Dr W. Oechsner de Coninck.

J'ai recherché quelle était l'action de la chaleur sur les solutions glycériques de deux acides non saturés, les acides crotonique et isocrotonique. Les expériences ont été conduites exactement de la même manière que pour les acides saturés, sur lesquels j'ai eu l'honneur d'attirer plusieurs fois l'attention de l'Académie royale. L'acide crotonique, pur et cristallisé, se dissout assez facilement à chaud dans un grand excès de glycérine officinale; si l'on élève peu à peu la température de cette solution, on observe que l'acide est peu à peu entraîné, et vient se condenser dans le récipient. Malgré une chauffe prolongée autant qu'elle pouvait l'être, il n'y a pas eu de dégagement gazeux.

Quelques acides saturés se sont comportés de la même manière, ainsi que je le montrerai plus tard.

L'acide isocrotonique liquide ne fait que s'émulsionner à froid dans la glycérine officinale; avec l'aide de la chaleur, il se dissout bien. Vers l'ébullition, il est entraîné par les vapeurs de glycérine. L'ébullition ayant été maintenue aussi longtemps que possible, il n'y a pas eu de dégagement gazeux.

Les deux acides non saturés isomériques se sont donc comportés très sensiblement de la même manière, et ils

(1) Institut de chimie, Université de Montpellier.

sont stables à une température tout à fait voisine de + 300°.

Je continue mes recherches.

Montpellier, 28 avril 1905.

ÉLECTION.

La Classe réélit M. De Tilly comme délégué de la Classe auprès de la Commission administrative pendant l'exercice 1905-1906.

COMITÉ SECRET.

La Classe se constitue en comité secret pour l'examen des titres des candidats aux places vacantes. La liste des présentations est adoptée définitivement.

OUVRAGES PRÉSENTES.

Dewalque (G.). Essai de carte tectonique de la Belgique et des provinces voisines. Liège, 1905; extr. in-8° (2 p. et 1 carte, échelle 1/500 000).

Mourlon (Michel). Compte rendu de l'excursion géologique aux environs de Bruxelles, à Ketelberg, Etterbeek, Watermael, Boitsfort, Stockel et Tervueren, le dimanche 12 juin 1904. Bruxelles, 1905; extr. in-8° (50 p.).

Bosmans (H.). Notice sur les travaux de Paul Tannery. Louvain, 1903; extr. in-8° (34 p.).

BRUXELLES. *Service géologique de Belgique*. Bibliographia geologica, par Michel Murlon et G. Simoens, série B, tome VII, 1904.

MONS. *Société des sciences, des arts et des lettres*. Mémoires, 6° série, tome VI, 1904.

ALLEMAGNE.

Polis (P.). Ergebnisse der Luftdruck-Registrierungen von Aachen. Die Wärme- und Niederschlagsverhältnisse der Rheinprovinz. Karlsruhe, 1903; in-4° (21 p.).

Recke (Fr.). Beitrag zur Lösung der Frage über das Wesen von Energie und Materie. Essen, 1903; in-8° (64 p.).

MUNICH. *Botanische Gesellschaft*. Berichte, Band X, 1903.

HAMBOURG. *Naturwissenschaftlicher Verein*. Verhandlungen, 3. Folge, XII, 1903.

AMÉRIQUE.

Romero (C.). Mapa de la Republica del Paraguay, au $\frac{1}{400\,000}$. Bruxelles, 1904; feuille in-plano.

Wack (Henry-Wellington). The story of the Congo Free State; social, political and economic aspects of the Belgian system of Government in Central Africa. New-York, 1903; in-8° (xiv-634 p., 1 portrait et 1 carte).

Lengsfeld (J.). Origin of the planets, and cause and mode of production of terrene phenomena. Vicksburg, 1897; in-8° (6 p.).

Lengsfeld (J.). Explanation of cause of weight. Vicksburg, 1905; in-8° (3 p.).

INDIANAPOLIS. *Indiana Academy of science.* Proceedings, 1903.

Moissan (Henri). Traité de chimie minérale. Tome II : Métalloïdes, fascicule 1; tome IV : Métaux, fascicule 1. Paris, 1905; 2 vol. in-8°.

LONDRES. *Entomological Society.* Transactions, 1904.

ITALIE.

Rajna (Michele). Pietro Tacchini. Commemorazione. Bologne, 1905; in-8° (9 p.).

— Nuovo calcolo dell' effemeride del Sole e dei crepuscoli per l'orizzonte di Bologna. Bologne, 1904; in-4° (40 p.).

— Osservazioni meteorologiche fatte durante l'anno 1903. Bologne, 1904; in-4° (30 p.).

TURIN. *Reale Accademia delle scienze.* Memorie, tomo LIV, 1904; in-4°.

BATAVIA. *Observatorium.* Regenwaarnemingen in Nederlandsch-Indië, 1903.

MIDDELBURG. *Genootschap der Wetenschappen.* Archief, 1904.

Santos Lucas (A.). Quelques mots sur les mathématiques en Portugal. Notice et défense des travaux d'Antonio Cabreira. Lisbonne, 1903; in-8° (vii-64 p.).

HELSINGFORS. *Societa pro fauna et flor.* Meddelanden, 30. Häftet, 1904. Acta, XXVI, 1904.

COPENHAGUE. *Conseil permanent international pour l'exploration de la mer.* Publications de circonstance, n° 21 : On the determination of the atmospheric gases dissolved in sea-water (Charles-J.-J. Fox), 1903.

Association géodésique internationale. Comptes rendus des séances de la 14^e conférence générale. Copenhague, 1903, t. II, 1903; in-4°.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1905. — N° 6

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 3 juin 1905.

M. P. DE HEEN, directeur.

M. le chevalier EDM. MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : **MM. J.-B.-V. Masius**, *vice-directeur*,
G. Dewalque, **Éd. Van Beneden**, **C. Malaise**, **F. Plateau**,
Jos. De Tilly, **Ch. Van Bambeke**, **Alfr. Gilkinet**,
G. Van der Mensbrugghe, **W. Spring**, **Louis Henry**,
M. Mourlon, **P. Mansion**, **C. Le Paige**, **J. Deruyts**,
Léon Fredericq, **J. Neuberg**, **A. Lancaster**, **A. Jorissen**,
P. Francotte, **Paul Pelseneer**, *membres*; **Th. Durand** et
F. Swarts, *correspondants*.

MM. Leo Errera et J. Fraipont, membres titulaires, s'excusent de ne pouvoir assister à la séance.

M. le Directeur annonce, aux applaudissements de la Classe, l'élection de **M. Louis Henry** comme correspondant de l'Académie des sciences de Paris. — **M. Henry** remercie ses confrères.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique transmet un arrêté royal, en date du 25 avril, accordant, sur la proposition du jury, le prix décennal des sciences mathématiques pures, pour la période de 1894 à 1903, à **M. Ch.-J. de la Vallée Poussin**, de l'Université de Louvain, pour ses travaux sur l'arithmétique supérieure et sur la haute analyse.

M. le Secrétaire perpétuel est chargé d'adresser à **M. de la Vallée Poussin** les félicitations de la Classe pour cette haute récompense si bien méritée.

— **Le même Ministre**, comme suite à ses dépêches des 9 mai et 17 août 1904, envoie un exemplaire des résolutions de la quatrième conférence de la Commission internationale pour l'aérostation scientifique, qui a eu lieu l'an dernier à Saint-Pétersbourg.

Conformément au désir de **M. le Ministre**, la Classe demande à **M. Lancaster** de lui faire rapport sur la suite qui pourrait être donnée à la communication de **M. le Ministre de Russie**.

— Il est donné notification à la Classe de la mort de **M. Otto-Wilhelm von Struve**, ancien directeur de l'Obser-

vatoire astronomique impérial de Pulkowa, associé de l'Académie depuis le 15 décembre 1874, décédé le 13 avril à l'âge de 85 ans.

Les condoléances de la Classe seront adressées à M. Struve fils, actuellement directeur de l'Observatoire royal de Berlin.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Observatoire royal de Belgique. Annuaire météorologique pour 1905*; publié par les soins de A. Lancaster, directeur;

2° *Manipulations chimiques*; par Fréd. Swarts;

3° *Les oiseaux observés en Belgique. 1^{re} partie : Les Gymnopaïides*; par Marcel de Contreras;

4° *La formation des chromosomes hétérotypiques dans la sporogénèse végétale*; par Jules Berghs;

5° *Monographie des Cecidomyiidae, Sciaridae, Mycetophiidae et Chironomidae de l'ambre de la Baltique*; par Fernand Meunier.

— Remerciements.

— Travaux à l'examen :

Les travaux manuscrits portant les titres suivants sont renvoyés à l'examen :

1° *Recherches sur la polarisation produite par le passage du courant électrique dans la flamme*; par A. Smedts. — Commissaires : MM. De Heen et Spring;

2° *Marche diurne de la vitesse du vent à Uccle les jours de pleine et de nouvelle lune*; par H. Arctowski. — Commissaire : M. Lancaster;

3° *Sur les cratères de la Lune*; par Th. Bruno. — Commissaire : M. Lagrange.

PRIX GLUGE.

(Deuxième période, 1903-1904.)

La Classe approuve la proposition faite par le jury de ce concours, dans son rapport imprimé au *Bulletin* du mois de mai dernier.

En conséquence, le prix est décerné à M. Léon Plumier, assistant à l'Université de Liège, pour ses recherches sur la circulation pulmonaire.

La proclamation de cette distinction figurera à l'ordre du jour de la séance publique de la Classe qui aura lieu en décembre.

RAPPORTS.

Sur la demande de M. Henry, le *Bulletin* renfermera une note rectificative de M. Kaisin : *Sur les cristaux de méthylal isopropylique tétrachloré symétrique*.

— Sur la proposition de M. C. Le Paige, un mémoire de E. Wattier, *Sur la constitution du Soleil*, sera déposé dans les archives de l'Académie.

A. *Nouvelles observations sur les acides crotonique et isocrotonique* ; B. *Solubilité de quelques sels dans le glycol* ; par W. Oechsner de Coninck.

Rapport de M. W. Spring.

« Dans la première de ces notes, M. W. Oechsner de Coninck montre que les deux isomères crotoniques se comportent dans l'acide sulfurique presque aussi égale-

ment que dans la glycérine, c'est-à-dire comme il l'a établi dans sa précédente communication.

Dans la seconde note, le même auteur fait connaître des déterminations de solubilité de divers sels dans le glycol.

Je propose l'insertion de ces notes dans le *Bulletin* de la séance. » — Adopté.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Sur l'eau distillée et les cultures aqueuses;
par H. Micheels et P. De Heen.

Pour étudier l'alimentation des plantes, on a recours à des cultures faites dans des sols artificiels ou dans des solutions aqueuses, et ces dernières sont souvent préférées parce qu'elles fournissent plus de garanties au sujet de leur composition.

Les cultures dans l'eau ont fait l'objet de travaux importants (1). Elles sont en usage depuis très longtemps; dès la seconde moitié du XVIII^e siècle, elles étaient déjà utilisées par les physiologistes.

Voici, d'après L. Errera et E. Laurent (2), la méthode à suivre dans ce genre de recherches :

« Des graines bien constituées et égales entre elles

(1) Citons ceux de Sachs, de Stohmann, de Nobbe, de Knop, de Pfeffer, de Raulin, etc.

(2) L. ERRERA et E. LAURENT, *Planches de physiologie végétale*, texte explicatif. Bruxelles, 1897, p. 3.

» sont mises en germination dans un germoir ou simple-
» ment sur un tissu à larges mailles tendu au-dessus
» d'un cristalliseur contenant de l'eau distillée. Quand la
» radicule et la tigelle ont commencé à se développer,
» les jeunes plantes sont fixées entre les deux moitiés
» d'un bouchon que l'on adapte sur un bocal cylindrique
» en verre presque rempli du liquide de culture. Les
» racines doivent plonger dans le liquide sans que la
» graine même soit immergée. »

Les liquides de culture ont des compositions peu variées. Ils sont constitués, en général, « d'eau distillée » additionnée d'un nitrate, d'un phosphate, d'un sulfate, » de potasse, de magnésie, de chaux et de fer (1) ».

Notre attention a été attirée par l'action qu'exerce l'eau distillée sur les graines destinées à être nourries au moyen des liquides de culture.

Avec certaines eaux distillées, on n'obtient que des racines presque nulles ou minuscules, tandis qu'avec d'autres, on en a de très grandes.

« Les irrégularités que présente la germination des » graines dans l'eau distillée ont été signalées depuis » longtemps, et un physiologiste autrichien bien connu, » J. Boehm, a publié sur ce sujet, en 1875, un mémoire » souvent cité. »

Dans la note, parue en 1901, dont nous extrayons les lignes qui précèdent, Dehérain et Demoussy (2) ont

(1) L. ERRERA, *Sommaire du cours d'éléments de botanique*. Bruxelles, 1898.

(2) DEHÉRAIN et DEMOUSSY, *Sur la germination dans l'eau distillée*. (COMPTES RENDUS, 1901, 4 mars.)

montré que les êtres vivants, champignons, algues, graines de végétaux supérieurs en voie de germination, sont des réactifs plus sensibles que tous ceux employés dans les laboratoires.

H. Coupin (1) a étudié aussi la sensibilité des végétaux supérieurs à des doses très faibles de matières toxiques. Il a répété pour ces plantes les études, devenues classiques, que Raulin avait entreprises sur un champignon (*Sterigmatocystis nigra*), ce qui lui a permis d'affirmer que les plantes supérieures, tout autant et même souvent plus que les champignons inférieurs, peuvent déceler la présence de substances nocives, telles que l'argent, le mercure, le cuivre et le cadmium, à une dose où l'analyse chimique est impuissante.

Rappelons aussi que le même auteur (2), s'étant demandé si les végétaux supérieurs manifestaient une sensibilité analogue pour les substances utiles, a pu constater que les plantes jouissent d'une sensibilité merveilleuse à l'action utile des sels de potassium, permettant même d'apprécier la mesure de ceux-ci lorsqu'ils sont en infime proportion.

Dans ces deux travaux, le Blé de Bordeaux avait fourni à H. Coupin ses matériaux d'étude.

Avec des eaux distillées, alors que les réactifs chimiques se trouvaient en défaut, des graines en germination et, entre autres, celles du Blé, nous ont donné des résultats intéressants.

(1) H. COUPIN, *Sur la sensibilité des végétaux supérieurs à des doses très faibles de substances toxiques.* (COMPTES RENDUS, 1901, 11 mars.)

(2) H. COUPIN, *Sur la sensibilité des végétaux supérieurs à l'action utile des sels de potasse.* (IBID., 1901, 11 mars.)

La méthode employée est très simple : elle consiste à placer sur un tissu à larges mailles tendu au-dessus d'un cristalliseur contenant le liquide en expérimentation, des graines bien constituées et égales entre elles, trempées au préalable pendant vingt-quatre heures dans de l'eau distillée.

Expérience I.

Les eaux distillées que nous désignerons par les lettres A et B nous avaient permis de constater de grandes différences dans leur action.

Après avoir été trempées pendant vingt-quatre heures dans l'eau distillée A, vingt-cinq graines de Blé ont été soumises à l'action de cette eau distillée A. La même opération a été effectuée avec l'eau distillée B. Au bout de quelques jours, on a obtenu les résultats suivants :

Eaux distillées :	A	B
Nombre des germinations :	25	24
Poids moyen des germinations :	0 ^{gr} 159	0 ^{gr} 116
Longueur des racines :	4 cm.	presque nulles.

Cette expérience a été souvent répétée et elle a toujours donné des résultats analogues.

Il s'agissait là d'eaux distillées ordinaires, du genre de celles que l'on rencontre dans le commerce des produits chimiques, et non d'eaux distillées préparées avec des précautions inusitées par des physiciens et des chimistes pour certains cas spéciaux. Ces dernières ne servent pas d'habitude à faire des cultures aqueuses.

L'eau distillée A provenait d'un alambic en cuivre étamé, l'autre d'un appareil en cuivre non étamé.

L'absence de racines bien développées dans l'eau distillée B était due vraisemblablement à la présence de cuivre au sein du liquide.

En effet, H. Coupin (1) a fait remarquer que la « sensibilité des plantules aux sels de cuivre est telle que leurs racines restent courtes dans l'eau distillée du commerce, laquelle est faite, en général, dans un alambic de cuivre. Le même phénomène, dit encore cet auteur, se produit lorsqu'on les fait germer dans de l'eau distillée à l'alambic de verre et qu'on les soutient à la surface du liquide à l'aide d'épingles en laiton; c'est ce fait, insignifiant en apparence, qui a fait croire à quelques auteurs que l'eau distillée était toxique par elle-même. »

Expérience II.

Dans un appareil en platine, nous avons distillé des eaux de diverses provenances que nous désignerons par les lettres A, B et C. Les deux premières sont les eaux déjà distillées qui ont servi dans l'expérience I, l'eau C n'est autre chose que l'eau alimentaire de Liège.

Les graines de Blé ont été trempées pendant vingt-quatre heures dans l'eau distillée B. Après quelques jours de germination, nous constatons les résultats suivants :

Eaux distillées :	A	B	C
Poids moyen des germinations :	0 ^{gr} 202	0 ^{gr} 159	0 ^{gr} 186
Longueur des racines :	10 cm.	2 cm.	5 cm.

(1) H. COUPIN, *Sur la sensibilité des végétaux supérieurs à des doses très faibles de substances toxiques*. (COMPTES RENDUS, 1901, 11 mars, p. 646.)

Cette expérience nous apprend que l'action nocive de l'eau distillée B persiste malgré la nouvelle distillation dans un appareil en platine.

Nous savons d'ailleurs, depuis longtemps, combien le cuivre est préjudiciable aux germinations, quelle que soit la combinaison où il entre; H. Coupin (1) a démontré que « les sels de cuivre ont tous, à peu de chose près, la même toxicité ».

Von Nägeli (2) a trouvé que le cuivre exerce une action meurtrière sur le *Spirogyra* à une dose où il ne peut plus être décelé chimiquement. On a même remarqué que cette algue périssait dans l'eau où séjournait une pièce d'or, et cela à cause de l'alliage du cuivre.

Hattori (3) a reconnu que 0.00005 % de sulfate de cuivre pour le Pois et 0.000005 % pour le Maïs constituaient la limite au-dessus de laquelle ce sel exerce une action nocive. H. Coupin (4) a montré que ce sel est déjà nocif à la dose de $\frac{1}{700\ 000\ 000}$.

Enfin, Dehérain et Demoussy (5) ont observé que, « à un ou deux dix-millionièmes, le cuivre arrête le développement des racines du Blé ou du Lupin blanc ou jaune ».

Cette prodigieuse toxicité du cuivre ne doit cependant pas nous faire oublier que le rôle favorable ou défavo-

(1) H. COUPIN, *Sur la toxicité des sels de cuivre à l'égard des végétaux supérieurs*. (COMPTES RENDUS, 1898, t. CXXVII, p. 401.)

(2) VON NÄGELI, *Ueber oligodynamischen Erscheinungen in lebenden Zellen*. Bâle, 1893.

(3) D'après JOST, *Vorlesungen über Pflanzenphysiologie*. Jéna, 1904.

(4) H. COUPIN, *Sur la sensibilité des végétaux supérieurs à des doses très faibles de substances toxiques*.

(5) DEHÉRAIN et DEMOUSSY, *Sur la germination dans l'eau distillée*. (COMPTES RENDUS, 1901, 4 mars.)

nable joué par certaines substances vis-à-vis des êtres vivants dépend nécessairement de la dose employée. Pour ce qui concerne les plantes supérieures, c'est ainsi que le fluorure de sodium, notamment, exerce une action favorable dans les cultures aqueuses lorsqu'il y entre dans la proportion de 0.0002 à 0.002 %, mais à 0.02 % il est vénéneux (1). L'acide borique produit un effet nuisible à la dose de 40 milligrammes, mais une action stimulante à la dose de 1 milligramme (2). Il serait d'ailleurs facile de multiplier les exemples.

On peut donc dire, d'une manière générale, que *les eaux distillées employées dans les cultures aqueuses ne sont que des solutions extrêmement diluées qui exerceront une action favorable ou une action défavorable suivant la nature et la dose des substances qu'elles renfermeront.*

L'extrême dilution où se trouvaient les métaux dans les eaux distillées A et B nous a engagés à examiner l'action des solutions colloïdales des métaux sur les graines en germination.

Ces solutions colloïdales ont été préparées en faisant passer dans l'eau distillée des étincelles produites par un courant de 110 volts entre des baguettes des métaux en expérimentation. Ces eaux étaient ensuite filtrées plusieurs fois.

(1) M. KANDA, *Studien über die Reizwirkung einiger Metallsalze auf das Wachstum höherer Pflanzen.* (JOURNAL OF THE COLLEGE OF SCIENCE, Tokyo, vol. XIX, 1904.)

(2) M. NAKAMURA, *Can boric acid exert a stimulant action on plants?* (BULLETIN, COLLEGE OF AGRICULTURE, Tokyo, vol. V, 1903.)

Expérience III.

Les graines de Blé, après avoir été trempées pendant vingt-quatre heures dans l'eau distillée (B), étaient soumises aux solutions colloïdales de divers métaux.

Métaux employés :	Étain	Aluminium	Zinc	Cuivre	Fer
Durée de l'expérience :	Du 12 mars 1905 au 19 avril 1905				
Longueur des racines					
en centimètres :	20	2	5	0.4	2.5

La grande différence que l'on constate dans la longueur des racines entre la solution colloïdale d'étain et les autres solutions métalliques nous a déterminés à poursuivre l'étude de l'action exercée par cette solution d'étain sur les plantules. Nous comptons pouvoir publier bientôt les résultats de nos recherches.

L'expérience III démontre que les différences observées dans la longueur des racines et dans le poids des germinations soumises aux eaux distillées A et B, c'est-à-dire aux eaux provenant d'appareils en cuivre étamé et en cuivre non étamé, sont bien dues à la présence d'étain ou de cuivre.

Expérience IV.

Des graines trempées pendant vingt-quatre heures dans l'eau distillée (B) ont été soumises, du 9 au 24 mai 1905,

à des eaux de diverses provenances qui ont été distillées dans un appareil en verre (1).

Provenance des eaux :	Poids moyens des germinations :
Eau alimentaire de Liège.	0gr1378
Eau distillée (B).	0gr1372
Solution colloïdale d'étain.	0gr1374

Les racines sont bien développées et ont la même longueur.

Nous voyons par là que si l'on distille dans un appareil en verre diverses espèces d'eaux, on n'obtient plus les discordances observées avec les appareils en métal employés d'ordinaire.

Il résulte donc des recherches ci-dessus relatées que, les plantes étant sensibles à des doses extrêmement minimes de substances en dissolution ou en suspension, *il importe d'en tenir compte dans l'emploi de l'eau distillée pour les cultures aqueuses. L'eau qui a été distillée dans un appareil en métal ne peut constituer un zéro conventionnel.* Enfin, nous pouvons aussi conclure que *si le cuivre exerce une action défavorable, l'étain paraît produire une action contraire.*

Institut de physique de l'Université de Liège.

(1) Pour des motifs que nous exposerons dans une autre note, il faut éviter l'emploi des bouchons en caoutchouc.

Quelques mots au sujet des observations de M. Delacre, relatives à mon rapport sur son mémoire : Recherches sur la notion de l'individualité chimique; par Fr. Swarts, correspondant de l'Académie.

Dans la séance du 15 octobre 1904 (1), M. Delacre a cru devoir présenter quelques observations à mon rapport sur son mémoire relatif à la constitution de la pinacoline. Il fut convenu alors que je remettrais la réponse que je me réservais de faire à ces observations jusqu'après l'impression du mémoire de notre confrère. Des circonstances indépendantes de ma volonté m'ont empêché de lire plus tôt ces quelques mots de réponse.

J'ai relu attentivement le mémoire de M. Delacre, ses observations et mon rapport. Je ne crois pas avoir dépassé dans celui-ci les bornes d'une critique élogieuse ni m'être départi des règles de bonne confraternité.

Cependant, notre confrère y a répondu par des observations dont la courtoisie n'est pas exagérée. Je ne sache pas que le terme « candeur » employé à propos d'un confrère soit d'usage courant dans cette assemblée; j'avais toujours pensé que l'Académie veillait à recruter ses membres parmi ceux qui avaient prouvé ne plus posséder ce défaut.

Notre savant confrère estime aussi que diverger d'opinion avec lui sur un point de théorie, et le dire, c'est lui donner des conseils, lui suggérer des conclusions et introduire ainsi des méthodes nouvelles dans les sciences expérimentales.

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), nos 9-10, p. 1023, 1904.

Ce qui me paraît plutôt nouveau, c'est cette curieuse proposition. Ainsi donc, un membre de notre assemblée scientifique n'aura pas, pour peu que ses recherches s'écartent de l'ordre de celles de M. Delacre, à formuler une opinion sur les conclusions théoriques émises par celui-ci, sans mériter les observations peu courtoises de notre confrère. A moins cependant que cette opinion soit louangeuse; dès lors, M. Delacre ne croit pas devoir protester et tolère qu'on s'autorise à le louer. Et cependant, comment peut-on avoir plus d'autorité pour louer que pour discuter un travail, quand on n'a pas qualité pour l'apprécier?

Et mon appréciation eût-elle eu pour objet de donner un conseil à M. Delacre, ce qui fut loin de ma pensée, je crois qu'il aurait bien tort de s'en trouver offensé. Si haut que l'on s'estime placé dans la hiérarchie scientifique, ne peut-on écouter un conseil, qu'il soit bon ou mauvais, et faut-il le reprocher à celui qui le donne, considérera-t-on ce dernier comme un candide?

Qui pourrait affirmer avoir produit un travail auquel aucune observation ne saurait être faite? Mon très savant confrère croit-il qu'il en soit autrement pour lui? Mais ce n'est pas, je crois, le rôle d'un commissaire chargé de faire rapport sur le travail d'un confrère, que de produire les observations que lui suggérerait la lecture d'un mémoire soumis à son examen et je pense m'en être abstenu.

S'il m'eût été agréable d'ouvrir avec notre confrère une controverse d'ordre purement scientifique, relativement à certaines divergences d'opinion sur des points théoriques de son mémoire, j'estime qu'actuellement, étant donné le ton de ses observations, la discussion prendrait une allure plus personnelle que scientifique.

C'est pourquoi aujourd'hui encore, malgré la forme et le fond des observations de M. Delacre, je crois convenable, par déférence pour l'Académie, de ne pas engager avec lui une discussion soit au sujet de son mémoire, soit au sujet des observations dont il a cru devoir faire suivre mon rapport, que je maintiens d'ailleurs intégralement. J'espère être ainsi en communauté de sentiments avec l'assemblée, des moments de laquelle je craindrais d'abuser au profit d'une polémique personnelle, que je suis d'ailleurs prêt à entamer si les circonstances m'y obligent.

—

Nouvelles observations sur les acides crotonique et isocrotonique (1); par W. Oechsner de Coninck.

Dans une note présentée le mois dernier à la Classe des sciences, j'ai fait connaître l'action de la chaleur sur les solutions glycériques des acides crotonique et isocrotonique. J'ai recherché ensuite quelle était l'action de l'acide sulfurique concentré sur ces deux acides.

Si l'on chauffe dans un tube à essai de l'acide crotonique avec un excès d'acide sulfurique, l'acide organique se dissout et ne tarde pas à se charbonner. Dans les mêmes conditions, la solution sulfurique de l'acide isocrotonique, de brun clair devient brun foncé, puis rouge-grenat, puis noire, et il se sépare un charbon léger.

En traitant les deux acides par un fort excès de SO^4H^2 dans un appareil fermé, permettant de recueillir les gaz

(1) Institut de chimie, Université de Montpellier.

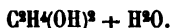
dégagés, et en chauffant très progressivement, on observe que les deux acides organiques se charbonnent très vite et laissent dégager peu de gaz carbonique; presque aussitôt un dégagement tumultueux de gaz sulfureux s'établit.

On voit donc que soit au sein de la glycérine, soit au sein de l'acide sulfurique, les deux isomères se comportent presque identiquement de même.

—

Solubilité de quelques sels dans le glycol (1);
par W. Oechsner de Coninck.

Le glycol qui m'a servi dans ces expériences répondait très sensiblement à la formule d'un monohydrate,



Les sels qu'il s'agissait de dissoudre ont été pulvérisés et laissés en contact pendant plusieurs jours. Les liqueurs étaient placées dans une salle de mon service où la température demeure invariable : cependant, la température moyenne de chaque jour était mesurée au moyen d'un thermomètre à maxima et minima. Il a été fait trois analyses pour chaque solution, et les analyses ont été effectuées dans les liqueurs étendues d'une quantité d'eau distillée suffisante. Dans quelques cas, la liqueur aqueuse était distillée dans un appareil fermé pour se débarrasser de l'excès de glycol.

(1) Institut de chimie, Université de Montpellier.

J'appellerai K le coefficient de solubilité rapporté à cent, indiquant la quantité du sel dissoute au bout de huit jours; θ représentera la température moyenne :

<i>Bromure de lithium</i>	$\theta = + 14^{\circ}7$	$K = 37.5 \%$
<i>Chlorure de lithium</i>	$\theta = + 15^{\circ}$	$K = 11 \%$
<i>Iodure de lithium.</i>	$\theta = + 15^{\circ}3$	$K = 28 \%$
<i>Chlorure de sodium pur.</i> . . .	$\theta = + 14^{\circ}8$	$K = 31.7 \%$
<i>Phosphate tricalcique</i> : le glycol n'en dissout que des traces, vers $+ 15^{\circ}$		
<i>Bichromate de potassium</i> . . .	$\theta = + 14^{\circ}6$	$K = 6 \%$
<i>Chromate neutre de potassium</i> .	$\theta = + 15^{\circ}4$	$K = 1.7 \%$
<i>Sulfate uraneux hydraté</i> . . .	$\theta = + 14^{\circ}8$	$K = 3.15 \%$
<i>Sulfate uranique hydraté</i> . . .	$\theta = + 15^{\circ}$	$K = 1.15 \%$
<i>Carbonate de calcium</i> (craie fine) : vers $+ 15^{\circ}$, traces dis- soutes seulement.		
<i>Sulfate de cuivre hydraté</i> . . .	$\theta = + 14^{\circ}6$	$K = 7.2 \%$

*Sur les cristaux du méthylal isopropylique tétrachloré
symétrique; par F. Kaisin.*

Dans le *Bulletin* de la Classe des sciences, n° 3 de l'année 1903, pages 128 et 129, M. G. Cesàro constate que les mesures publiées dans le *Bulletin* n° 12 de l'année 1904, page 1168, relativement à ces cristaux, sont erronées. Il fait remarquer que, dans le triangle sphérique ayant pour sommets les pôles e' , m et g' , si l'on admettait les incidences données, le troisième côté serait plus grand que la somme des deux autres.

Il s'est, en effet, glissé parmi les chiffres que porte la note insérée dans le *Bulletin* n° 12, note dont les épreuves n'ont pas été revues par moi, deux erreurs d'impression.

Le manuscrit de cette note, que M. Louis Henry a eu l'obligeance de redemander pour moi à M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie, porte les données suivantes :

$$m\epsilon' = 37^{\circ}41'30''$$

et

$$a : b : c = 2,789 : 1 : 1,384,$$

au lieu desquelles on a imprimé :

$$m\epsilon' = 57^{\circ}41'30''$$

et

$$a : b : c = 2,787 : 1 : 1,384.$$

Le cristal auquel ces données sont relatives a été résolu graphiquement. Je me suis contenté de ce mode de résolution rapide, ayant l'intention de reprendre cette description dans un travail d'ensemble qu'a bien voulu me demander M. Louis Henry, et que je prépare en ce moment *sur les caractères cristallographiques des méthylals isopropyliques tétrasubstitués.*

ÉLECTIONS.

La Classe se forme en comité secret pour procéder aux élections pour les places vacantes.

M. Maurice Delacre, correspondant, est élu membre titulaire (sauf approbation royale) de la Section des sciences mathématiques et physiques.

M. Metchnikoff (Élie), sous-directeur de l'Institut Pasteur, à Paris, est élu associé de la Section des sciences naturelles.



OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Lancaster (Alb.). Annuaire météorologique de l'Observatoire royal de Belgique pour 1905. Bruxelles, 1905; in-16 (vii-704 p., tableaux).

Mansion (P.) et Neuberg (J.). Mathesis, recueil mathématique à l'usage des écoles spéciales, 2^e série, tome X, 1900; 3^e série, tomes I-IV, 1901-1904. Gand-Paris; 5 vol. in-8^e.

Swarts (Frédéric). Manipulations chimiques. Traités élémentaires et exercices pratiques de chimie, 2^e édition revue et augmentée. Gand, 1905; in-8^e (vii-380 p.).

Contreras (Marcel de). Les oiseaux observés en Belgique. 1^{re} partie : Les Gymnopaides, suivi d'une notice sur les aberrations dans le plumage. Bruxelles, 1905; in-8^e (vii-389 p., tableaux et figures).

Meunier (Fernand). Monographie des Cecidomyidae, Sciaridae, Mycetophilidae et Chironomidae de l'ambre de la Baltique. Bruxelles, 1904; in-8^e (264 p., planches).

Berghs (Jules). La formation des chromosomes hétérotypiques dans la sporogénèse végétale. 1. Depuis le spirème jusqu'aux chromosomes mûrs. 2. Depuis la sporogonie jusqu'au spirème définitif. Lierre-Louvain, 1904 (38 p., planches).

État Indépendant du Congo. Publications : Notices sur des plantes utiles ou intéressantes de la flore du Congo; par Émile de Wildeman, III, 1905.

ALLEMAGNE ET AUTRICHE-HONGRIE.

AGRAM. *Observatorium*. Jahrbuch, 1902; in-4^o.

BERLIN. *Kön. Akademie der Wissenschaften*. Abhandlungen, 1904; in-4^o.

BERLIN. *Gesellschaft Naturforschender Freunde*. Sitzungsberichte, 1904.

— *Königl. Astronomisches Rechen-Institut*. Berliner astronomisches Jahrbuch für 1900-1907.

VIENNE. *Militär-geographisches Institut*. Die Ergebnisse der Triangulierungen, Band I-III. 1901-1903; 3 vol. in-4°.

— *Kaiserl. Akademie der Wissenschaften*. Denkschriften, 77. Band der mathematische Klasse. 1903.

AMÉRIQUE.

Chester (C. M.). Notice of a special series of midnight telegraphic time signals to be sent out by the U. S. Naval Observatory on May 3, 1905. Washington, 1903; in-4° (2 p.).

Hale (George E.). A study of the conditions for solar research at Mount Wilson, California. Washington, 1903; in-8° (27 p.).

— The solar observatory of the Carnegie Institution of Washington. 1905; in-8° (22 p.).

NEW YORK. *American Museum of natural history*. Bulletin, vol. XX, 1904.

— Album of Philippine types. Eighty plates, representing 37 provinces and islands (Daniel Folkmar). Manille, 1904; in-8° (oblong).

DAVENPORT. Proceedings, volume IX, 1904.

BALTIMORE. *Geological Survey*. Miocene. 1904; 2 vol. in-8°.

FRANCE.

Maillet (Edmond). Sur les isomorphes holoédriques et transitifs des groupes symétriques ou alternés. 1895; in-4° (20 p.).

— Sur une série de groupes primitifs holoédriquement

isomorphes à des groupes plusieurs fois transitifs. 1897; in-4° (3 p. + 33 p.).

Maillet (Edmond). Sur les groupes de classe $N - u$ et de degré N au moins $u - 1$ fois transitifs. 1898; in-4°.

— Sur la détermination du groupe des équations numériques. 1898; in-4° (12 p.).

— Sur les groupes échangeables et les groupes décomposables. 1900; in-8° (11 p.).

— Sur les systèmes complets d'équations aux dérivées partielles. 1901; in-8° (8 p.).

— Sur le problème de l'interpolation dans les suites récurrentes. 1895; extr. in-8°.

— Sur une application à l'analyse indéterminée de la théorie des suites récurrentes. 1895; in-8° (10 p.).

— Sur la décomposition d'un nombre entier en une somme de cubes d'entiers positifs. 1895; in-8° (6 p.).

— Quelques extensions du théorème de Fermat sur les nombres polygones. 1896; in-4° (18 p.).

— Sur les équations indéterminées à deux et trois variables qui n'ont qu'un nombre fini de solutions en nombres entiers. 1900; in-4° (17 p.).

— Sur les équations indéterminées de la forme $x^\lambda + y^\lambda = cz^\lambda$. 1899; in-4° (10 p.).

— Sur l'utilité de certains renseignements bibliographiques. Paris, 1900; in-8° (3 p.).

— Sur les racines des équations transcendentes à coefficients rationnels. 1901; in-4° (20 p.).

— Sur une catégorie de fonctions transcendentes et les équations différentielles rationnelles. 1901; in-8° (40 p.).

— Sur les fonctions entières et quasi entières. 1902; in-4° (57 p.).

— Sur les lignes de décroissance maxima des modules, etc. 1903 (20 p.).

— Sur les séries divergentes et les équations différentielles. 1903; in-4° (30 p.).

Maillet (Edmond). Fonctions entières et quasi entières et équations différentielles. 1902; in-8° (28 p.).

— Équations différentielles et théorie des ensembles. Paris, 1902; in-8° (7 p.).

— Fonctions monodromes et équations différentielles. 1903.

— Sur les fonctions monodromes et les nombres transcendants. 1904; in-8° (87 p.).

— Équations de la géométrie et théorie des substitutions. 1904; in-4° (72 p.).

— Sur les fonctions monodromes d'ordre non transfini et les équations différentielles. 1903 (78 p.).

— Sur les lois des montées de Belgrand et les formules du débit d'un cours d'eau; in-4° (15 p.).

— Crues de la Marne à Chaumont, à l'aide des hauteurs de pluie. 1901; in-8° (2 p.).

— Prévision des débits minima des sources de la Vanne. 1902; in-8° (8 p.).

— Courbe des débits d'une source. 1903; in-4° (3 p.).

— Prévisions des débits des sources de la Vanne. 1903; in-4° (3 p.).

— Divers points d'hydraulique souterraine et fluviale. 1903; in-8° (4 p.).

— Graphiques des débits des sources. 1903; in-8° (2 p.).

— Crue de la Seine en février 1904. 1904; in-8° (2 p.).

— Sur certains phénomènes hydrauliques et en particulier celui de Maitrot de Varennes. 1904; in-8° (9 p.).

— Nappes souterraines et sources. 1903-1904 (2 p.).

— Débit probable des sources en 1902, 1903, 1904. In-8° (6 p.).

— Résumé des observations centralisées par le Service hydrométrique du bassin de la Seine en 1901, 1902, 1903. 2 broch. in-8° (38 p.).

— Réve mathématique. 1902; in-8° (4 p.).

Maillet (Edmond). L'homme de génie de M. Lombroso et la faculté inventive. Paris, 1903; in-8° (14 p.).

— Note sur les groupes de substitutions. 1896; in-8° (12 p.).

— Sur les groupes d'ordre fini. 1897; in-8° (20 p.).

— Des groupes transitifs de substitutions de degré N et de classe N — 1. 1898; in-8° (9 p.).

— Sur certains théorèmes de géométrie cinématique. 1901; in-8° (4 p.).

— Sur les fonctions entières et quasi entières à croissance régulière et les équations différentielles, 2^e note. In-4° (22 p.).

— Sur de nouvelles analogies entre la théorie des groupes de substitutions et celle des groupes finis continus de transformations de Lie. Toulouse; in-4° (82 p.).

— Sur les fonctions monodromes à point singulier essentiel isolé, 3^e note. Paris, 1903; in-8° (17 p.).

— Méthode d'évaluation du débit d'une crue extraordinaire, application aux crues de la Garonne, à Toulouse, en 1855 et 1875. Paris, 1900; in-8° (18 p.).

— Sur le débit probable des sources pendant la saison chaude de 1901. 1901. in-8° (2 p.).

— Sur la prévision des crues à Pommeuse et à Coulommiers, à l'aide des hauteurs de pluie. Paris, 1901; in-8° (18 p.).

— Résumé des observations météorologiques et hydro-métriques de 1891 à 1900. 1902; in-8° (8 p.).

— Étude hydrologique du Rhin allemand et du Main, les crues et leur prévision. Bourg-la-Reine, 1903; in-8° (22 p.).

— Hydrologie du Rhin allemand, les crues et leur prévision, 1^{re} note. Paris, 1903; in-8° (11 p.).

— Mécanique et physique du globe. Essais d'hydraulique souterraine et fluviale. Paris, 1903; in-8° (vi-218 p. et 48 planches).

Oechsner de Coninck. Contribution à l'étude des acides

organiques et des composés amidés et imidés, fascicule 1^{er}.
Montpellier, 1905; in-8° (34 p.).

BORDEAUX. *Société d'anatomie et de physiologie*. Bulletins,
tome XXV, 1904.

— *Société des sciences physiques et naturelles*. Procès-
verbaux des séances, 1903-1904. Mémoires, tome II,
2^e cahier.

BESANÇON. *Académie des sciences, belles-lettres et arts*.
Procès-verbaux et mémoires, 1904.

LE HAVRE. *Société des sciences naturelles*. Mémoires,
tome XXXIV, 1904.

PARIS. *Société zoologique*. Bulletin, tome XXIX, 1904.

ROUEN. *Société des amis des sciences naturelles*. Bulletin,
1903.

ABBADIA. *Observatoire*. Observations faites au cercle
méridien en 1899 et 1900. 1904; in-4°.

NICE. *Observatoire*. Annales, tomes VIII, IX et X. 1904-
1905; 3 volumes in-4°.

AMIENS. *Société linnéenne*. Bulletin, tomes XV et XVI,
1902-1903. Mémoires, tome XI, 1903-1904.

ANGERS. *Société d'agriculture, sciences et arts*. Mémoires,
tome VII, 1904.

GRANDE-BRETAGNE ET COLONIES BRITANNIQUES.

Lockyer (Sir Norman) et Baxendall (F. E.). The arc
spectrum of scandium and its relation to celestial spectra.
Londres, 1905; extr. in-8° (8 p.).

— Note on the spectrum of μ centauri. Londres, 1905;
extr. in-8° (3 p.).

— On the stellar line near λ 4686. Londres, 1905; extr.
in-8° (2 p. et 1 planche).

SYDNEY. *Royal Society*. Journal and proceedings, volume
XXXVII, 1903.

LONDRES. *British association for the advancement of
sciences*. Report of the 74th meeting, at Cambridge in 1904.

SUNDERLAND. *West Hendon House Observatory*. Publications, n° 3 : Observations of variable stars made in 1866-1904 (Backhouse). 1905; in-4°.

LONDRES. *British Museum*. Catalogue of the lepidoptera phalaenae, volumes IV et V, with plates. 1905.

— Catalogue of the library, volume II, E-K. 1904; in-4°.

— First and second report on economic Zoology. 1903-1904.

— Catalogue of the fossil Bryozoa; the cretaceous bryozoa, volume I, 1899.

— Catalogue of the madreporarian corals, volume IV. 1903; in-4°.

Fritsche (H.). Die jährliche und tägliche Periode der erdmagnetischen Elemente, Publication VI. Riga, 1905; in-8° (56 p.).

Leyst (Ernst). Die Halophänomene in Russland. Moscou, 1903; in-8° (136 p.).

Puig (Dionyse). La Sequia en España y sus causas. Cambio de su regimen climatológico. Barcelone, 1905; in-8° (47 p.).

BELGRADE. *Observatoire central*. Bulletin, 1903; in-4°.

UPSAL. *Observatoire*. Bulletin, 1904; in-4°.

BALE. *Naturforschende Gesellschaft*. Verhandlungen, Band XVII, 1904.

ST-GALL. *Naturwissenschaftliche Gesellschaft*. Jahrbuch, 1903

Lockyer (Sir Norman). Report made to the solar physics Committee, upon the work done in the solar physics Observatory, South Kensington, from 1st January to 31st December, 1904; in-8° (41 p., planches).

Lockyer (William). The spectroheliographs of the solar physics Observatory. Londres, 1905; extr. in-8° (14 p.)

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1905. — N° 7

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 1^{er} juillet 1905.

M. P. DE HEEN, directeur.

M. le chevalier EDM. MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Éd. Van Beneden, C. Malaise, Ch. Van Bambeke, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, C. Le Paige, Léon Fredericq, J. Neuberg, Léo Errera, C. Vanlair, Julien Fraipont, A. Jorissen, P. Francotte, Paul Pelseneer, M^{ce} Delacre, *membres* ; J. Massau, *correspondant*.

MM. P. Mansion et J. Deruyts font excuser leur absence.

En ouvrant la séance, M. le Directeur adresse les félicitations de la Classe à M. Delacre, élu membre titulaire. — Les applaudissements accueillent ces paroles ainsi que la réponse de M. Delacre.

CORRESPONDANCE.

La Classe prend notification du décès du doyen des associés de la Section des sciences mathématiques et physiques, Alexandre de Colnet d'Huart, élu le 15 décembre 1873, membre du Conseil d'État du Luxembourg, décédé à Bertrange le 11 juin dernier, à l'âge de 84 ans.

M. le Secrétaire perpétuel fait savoir qu'il s'est empressé d'adresser les condoléances de l'Académie à la famille du défunt.

— Le Comité exécutif de la dixième session du Congrès géologique international annonce sa réunion à Mexico vers le 6 septembre prochain.

— M. Delacre, élu membre titulaire, et M. Élie Metchnikoff, élu associé, adressent par écrit leurs remerciements.

— M. Ch.-J. de la Vallée Poussin remercie par écrit pour les félicitations qui lui ont été exprimées par M. le Secrétaire perpétuel, au nom de la Classe, pour son prix décennal des mathématiques pures.

— Sur le désir exprimé par le Comité organisateur du Congrès international pour l'étude de la radiologie et de l'ionisation, MM. Van der Mensbrugghe et Jorissen acceptent d'y représenter l'Académie lors des séances qui auront lieu à Liège du 12 au 14 septembre.

— Travaux manuscrits renvoyés à l'examen :

1° *Recherches sur la substitution métallique*; par A.-J.-J. Vandeveldt et C.-E. Wasteels (3° communication). — Commissaires : MM. Spring et De Heen ;

2° *Note sur les équations canoniques d'Hamilton et l'équation de Jacobi*; par J. Quanjel, à Hal. — Commissaires : MM. Massau et Le Paige ;

3° *Solubilité de quelques sels dans le glycol et action de la lumière sur la solution de sulfate uranique dans le glycol*; par W. Oechsner de Coninck. — Commissaire : M. Spring.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Der Kampf um den Entwicklungs-Gedanken*; par Ernest Haeckel, associé à Iéna ;

2° *L'autonomie et la centralisation dans le système nerveux des animaux. Étude de physiologie expérimentale et comparée*; par M. Philippson ;

3° *Les sondages houillers en Campine. Étude critique et rectificative au sujet des interprétations données jusqu'ici aux coupes des morts-terrains tertiaires et quaternaires*; par le baron Oct. van Ertborn ;

4° *Inauguration du médaillon d'Émile Laurent à l'Institut agricole de Gembloux, 7 mai 1905*; par Émile Marchal. — Remerciements.

PRIX CHARLES LEMAIRE.

(Septième période : 1903-1905.)

La Classe a reçu les travaux suivants pour la septième période, qui expirait le 30 juin :

DE Fooz (G.), *Le tunnel du Simplon*. Bruxelles, 1905; extr. in-8°.

JANSENS (CYRILLE), *La construction et l'entretien des chaussées et empierrements*. Bruxelles, 1905; extr. in-8°.

— *Les pavés artificiels et la fabrication des briques au moyen du schiste houiller*. Bruxelles, 1900; extr. in-8°.

— *La construction et l'entretien des routes*. Bruxelles, 1899; extr. in-8°.

MM. Lagasse-de Loch, inspecteur général, Dufourny, ingénieur en chef, et Lambin, ingénieur des ponts et chaussées, avec MM. Van der Mensbrugghe et Massau, membres de l'Académie, ont été désignés pour former le jury du concours.

RAPPORTS.

Il est donné lecture des rapports suivants :

1° De M. Spring sur les deux notes précitées de M. W. Oechsner de Coninck. — Impression au *Bulletin*;

2° Sur l'avis de M. Massau, la Classe décide le dépôt aux archives d'une note (*Nouveau moteur*) de M. F. Fargenelle, à La Rochelle.

ASSOCIATION INTERNATIONALE DES ACADÉMIES. — *Projet d'établissement d'Instituts spéciaux pour l'étude du système nerveux central.*

Rapport de M. Vanlair, premier commissaire.

« Du 25 au 27 mai 1904, l'Association internationale des Académies a tenu à Londres sa deuxième session sous la direction de la Société royale. La question des *Instituts spéciaux pour l'étude du système nerveux central* a fait de nouveau l'objet des délibérations de la Section scientifique, ensuite desquelles l'assemblée a voté la résolution ainsi conçue :

Il est recommandé aux diverses Académies et sociétés représentées dans l'Association de porter devant leurs gouvernements respectifs ou devant les autorités qu'il appartient, au nom de l'Association, la proposition d'établir des instituts spéciaux ou des sections d'instituts pour l'étude du système nerveux central là où des organisations de ce genre n'existeraient pas déjà ou ne pourraient pas être créées d'une autre manière.

La proposition primitive portait que les diverses Académies et sociétés représentées dans l'Association devaient, chacune de son côté, accomplir cette démarche. Mais sur la motion de notre collègue Léon Fredericq, et avec l'assentiment du président Waldeyer, le texte fut modifié dans le sens indiqué plus haut, de telle sorte qu'il a perdu son caractère impératif pour affecter la forme d'un simple vœu.

Donnant suite à cette résolution, l'Académie des sciences de Vienne, agissant en qualité d'académie dirigeante, vient de faire parvenir à notre Compagnie une

missive en date du 16 mars dernier, l'invitant à exécuter auprès de notre Gouvernement la démarche ci-dessus mentionnée. La même lettre nous fait savoir que le professeur Waldeyer se propose d'adresser prochainement aux diverses Académies une communication complémentaire concernant la façon dont pourrait être établie la coopération méthodique des futurs instituts; elle exprime en outre le désir qu'il soit tenu au courant des démarches déjà faites et de la suite qui leur a été donnée.

Dans un rapport soumis à la Classe vers la fin de l'année dernière par une Commission composée de M. Masius, de M. Fredericq et de moi-même — rapport où sont exposés les rétroactes de la question — se trouvait déjà formulée la conclusion, adoptée par l'Académie, que des réserves s'imposaient quant à l'utilité de *multiples instituts nouveaux*. Il exprimait également une opinion négative en ce qui concerne la demande d'une participation pécuniaire de l'État à l'érection d'un institut de ce genre dans notre pays.

Mise en demeure d'examiner à nouveau la question, votre Commission croit le moment venu d'indiquer explicitement les motifs de cette dissidence.

L'idée première du professeur His, communiquée au Congrès de Leipzig, différerait très sensiblement de celle qui semble prévaloir aujourd'hui. Il proposait en effet purement et simplement d'organiser *un* institut (et non plusieurs) exclusivement destiné à l'étude morphologique du *cerveau*, lequel aurait été composé de diverses sections placées sous une direction unique, alors que le projet actuel comporte la création de *nombreux* instituts ayant des attributions distinctes et s'occupant, chacun de son côté, d'une partie de l'étude du *système nerveux tout*

entier. A l'un d'eux incomberait la tâche d'approfondir la morphologie de l'appareil nerveux central de l'homme avec les variétés qu'elle présente chez les différentes races et les différents individus au point de vue du volume, de la forme, du poids, etc. A tel autre serait réservé le domaine de la morphologie comparée. Tel autre encore se bornerait aux recherches histologiques. Toute une série enfin d'établissements similaires seraient respectivement chargés de l'étude du développement (en prenant le mot dans sa plus large acception) de la neuro-physiologie y compris la psychologie physiologique, de l'anatomie pathologique à laquelle on adjoindrait la pathologie expérimentale et la tératologie, et même de l'utilisation des faits cliniques ressortissant au système nerveux. Encore faudrait-il, pour qu'elle fût complète, ajouter à cette longue liste un institut technique dont le personnel procéderait à des coupes, à des reproductions photographiques ou plastiques pouvant servir soit à l'enseignement, soit aux investigations poursuivies ailleurs.

Tous ces établissements auraient à se mettre en communication les uns avec les autres et devraient s'entr'aider par l'échange de leur matériel et de leurs moyens d'étude. Leur but serait aussi de dresser une nomenclature scientifique commune et d'unifier les poids et les mesures. Quant aux dispositions à prendre pour harmoniser, pour rendre véritablement effective leur coopération, de l'aveu même du Comité central elles resteraient encore à trouver.

On doit se demander si la substitution de ce vaste programme au système primitif présenterait de sérieux avantages. L'un et l'autre consacrent le principe de la division et de la répartition méthodiques du travail. Mais

tandis que le premier projet tendait à les réaliser par un établissement spécial gouverné par un seul chef, on ne voit guère — au moins jusqu'à présent — comment, dans l'arrangement nouveau, cette centralisation pourrait être effectuée. Et jusqu'à l'instant où l'on découvrira un moyen pratique de coordonner les résultats isolément acquis, n'en serait-il point des produits de ces ateliers scientifiques comme des pièces séparées d'un mécanisme compliqué qui, faute d'un ajusteur capable, resteraient sans emploi ?

A la vérité, chaque laboratoire aurait l'*obligation* de tenir à la disposition des autres et ses moyens d'étude et les résultats de ses travaux. Mais cette obligation serait-elle un progrès ? Pour la plupart des hommes de science, sinon pour tous, le plus efficace des stimulants ne consiste-t-il pas dans le droit absolu de publier où, quand et comme ils le veulent, signée de leur nom, la relation de leurs découvertes ? N'existe-t-il point au surplus entre savants occupés d'un même sujet — outre la diffusion réalisée par les livres, les revues ou les congrès — des communications toutes volontaires, soit écrites, soit verbales, qui remplissent le même but ? Et si, à la rigueur, on ne trouve point chez soi le matériel et le personnel nécessaires, est-il chose plus facile que de se faire admettre dans un laboratoire mieux pourvu que le sien ?

En supposant même, ce qui n'est pas le cas, que la matière se prête à des divisions et des subdivisions aussi tranchées, serait-il désirable de *réglementer* à ce point le travail ? La science réclame par-dessus tout une complète liberté ; et s'il est nécessaire que l'esprit de méthode préside à n'importe quelle recherche, jamais il ne doit étouffer l'esprit d'initiative. A vouloir limiter ainsi d'une

façon rigoureuse — et d'ailleurs arbitraire — le champ d'action de chacun des futurs instituts, on risquerait de rendre leur travail infécond ; car, poussée aussi loin, la spécialisation a toujours pour effet de supprimer ces notions synthétiques, ces vues d'ensemble, ces tendances généralisatrices sans lesquelles aucune science ne saurait progresser.

Sans compter l'espèce de monopole qu'exerceraient en fait les créations nouvelles et qui serait de nature à décourager, à déprécier même l'effort des savants attachés aux laboratoires libres. Cette déconsidération pourrait même s'étendre à un pays entier si celui-ci, pour un motif quelconque, était exclu du syndicat.

Les inconvénients qui viennent d'être signalés — abstraction faite des obstacles matériels que l'on aurait à surmonter — sont tels que la Commission croit devoir maintenir et accentuer les réserves spécifiées dans son premier rapport. Elle estime qu'il serait inopportun d'adresser à notre Gouvernement une requête tendant à l'érection, aux frais de l'État, d'un institut ayant uniquement pour objet l'étude d'une section déterminée de l'appareil nerveux. »

M. Fredericq, comme le premier commissaire, est d'avis qu'il n'y a pas lieu de solliciter l'intervention du Gouvernement belge pour la création d'instituts spéciaux consacrés à l'étude du système nerveux.

M. Masius se rallie aux conclusions des deux premiers commissaires. — Adopté.

Recherches sur la polarisation produite par le passage du courant électrique dans la flamme; par A. Smedts.

Rapport de M. P. De Heen, premier commissaire.

« Il résulte des recherches fort bien conduites de M. Smedts que le phénomène de la polarisation ne se produit pas dans les flammes. L'auteur pense que cette circonstance est due au déplacement rapide des gaz; il a, en effet, remarqué que dans les électrolyses liquides la polarisation est moins marquée dans les liquides en mouvement.

Dans la deuxième partie de son travail, M. Smedts a observé qu'un fil de platine plongeant dans une flamme et électrisé acquiert ainsi une certaine polarité, toujours la même, quel que soit le signe de l'électrisation; cette polarité permet ensuite de réaliser un courant.

Ce phénomène doit être attribué à la fixation momentanée des ions libres de la flamme, qui, comme on le sait, se précipitent sur les surfaces électrisées et qui s'échappent ensuite, orientés toujours dans le même sens, quel que soit le signe de l'électrisation qui a déterminé leur dépôt.

Je n'hésite pas à proposer à l'Académie l'insertion du travail de M. Smedts dans les *Bulletins* de la séance. »

M. Spring, second commissaire, déclare se rallier à cette proposition, qui est adoptée par la Classe.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Note sur le Congrès botanique international de Vienne;
par Léo Errera, membre de l'Académie.

Le Congrès botanique international, dont la périodicité quinquennale avait été décidée à Paris en 1900, vient de siéger à Vienne du 11 au 18 juin. L'Académie royale m'ayant fait l'honneur de me nommer son délégué à cette assemblée, je crois devoir lui présenter un compte rendu succinct.

Le Congrès a eu pour présidents effectifs, choisis déjà à Paris il y a cinq ans, les deux éminents botanistes de l'Université de Vienne : le professeur J. Wiesner et le professeur Richard von Wettstein; les fonctions de secrétaire général étaient dévolues à M. le Dr Zahlbruckner. Tous trois ont mis autant d'activité que de bonne grâce à s'acquitter de leur tâche très lourde.

Près de 580 membres étaient inscrits au Congrès : c'est sans doute le chiffre le plus élevé qui ait jamais été atteint par une réunion internationale de botanistes. La plupart des pays se trouvaient représentés. Le contingent belge, avouons-le, était peu nombreux : en dehors du délégué de l'Académie, il comprenait notre confrère M. Th. Durand, délégué du Gouvernement, et M. Ém. De Wildeman, délégué de l'État Indépendant du Congo.

Les communications scientifiques faites au Congrès se rapportent aux problèmes les plus variés, et il serait trop long d'en tenter l'énumération. L'une des plus apprê-

ciées a été la conférence du distingué paléontologiste anglais, le Dr D. H. Scott, sur les Cycadofilicales de la flore carbonifère. Ces végétaux remarquables avaient l'aspect de Fougères, mais les recherches récentes de M. Scott et de quelques autres savants ont révélé chez eux ce caractère nettement phanérogamique : la formation de vraies graines. Nous avons là, à n'en pas douter, un des chaînons les plus significatifs de l'évolution végétale.

Parmi les autres mémoires, beaucoup des plus intéressants se groupaient autour de quelques sujets désignés à l'avance, tels que l'état actuel de nos connaissances sur l'assimilation de l'anhydride carbonique, la régénération, l'hybridation et l'hérédité, l'histoire des flores européennes depuis l'époque tertiaire. En ce dernier domaine, on a pu apprécier toute la valeur des résultats qu'a fournis à la sagacité des naturalistes scandinaves l'étude méthodique des restes végétaux contenus dans les tourbières; et nous ne saurions nous empêcher de regretter que les nombreuses et vastes tourbières de notre pays n'aient point encore été l'objet d'investigations semblables, bien que l'Académie ait, à plusieurs reprises, signalé l'intérêt de cette question. Il peut être utile d'y insister à nouveau, au moment où de grands travaux miniers sont projetés en Campine.

Une mission importante avait été confiée par le Congrès de Paris à celui de Vienne : la revision et l'unification des règles de la nomenclature botanique, telles qu'elles avaient été formulées jadis par Alphonse de Candolle, puis amendées et adoptées par le Congrès de Paris de 1867. Des opinions très divergentes s'étaient fait jour depuis lors, et l'entreprise de les harmoniser pouvait

sembler chimérique. Elle a abouti cependant, tout au moins pour les plantes phanérogames, grâce au bon vouloir de tous, grâce au tact du président de la section de nomenclature, M. le professeur Ch. Flabault, de l'Université de Montpellier, grâce surtout au laborieux et admirable rapport préliminaire rédigé par le rapporteur général, M. le Dr John Briquet, de Genève, auquel revient pour une très large part le succès obtenu.

Les règles qui ont été finalement admises pour les Phanérogames sont, sur la plupart des points controversés, celles que l'on désignait sous le nom de « propositions du groupe belgo-suisse » : M. Burnat, de Nant-sur-Vevey, et notre compatriote, M. Th. Durand, en étaient les parrains; elles sont inspirées par un esprit sagement conciliateur. Ce qui donne aux décisions du Congrès une valeur particulière, c'est que le droit de vote pour les questions de nomenclature n'appartenait qu'aux botanistes délégués par les Gouvernements, les Académies, les Sociétés scientifiques ou les grands Jardins botaniques. Les délégués ayant eu la modestie de ne pas se considérer comme compétents pour diverses questions que soulève la nomenclature des Cryptogames, celle-ci a été renvoyée au prochain Congrès.

La ville de Bruxelles a été choisie, à l'unanimité, pour siège de ce troisième Congrès, en 1910, et l'assemblée de Vienne nous a fait le très grand honneur, à M. Th. Durand et à moi, de nous en confier l'organisation.

*
* *

Par une attention délicate, l'Université de Vienne avait fait coïncider avec le Congrès l'inauguration des bustes

de deux botanistes du XVIII^e siècle, Hollandais de naissance à la vérité, mais qui, tous deux, séjournèrent et enseignèrent en Autriche : l'un, devenu directeur des jardins impériaux de Vienne et de Schoenbrunn, observateur de mérite, ami de Linné, descripteur infatigable : Nicolas Jacquin; l'autre, esprit génial, l'un des fondateurs, longtemps méconnu, de la physiologie végétale : l'illustre Jean Ingen-Housz, à la légitime glorification duquel M. le professeur Wiesner s'est depuis longtemps attaché et sous le buste duquel il a fait inscrire ces paroles : *Qua ratione plantae alantur primus perspexit.*

*
* * *

Comme tout Congrès, celui-ci a été accompagné d'excursions et de fêtes. Le programme des fêtes a été quelque peu réduit par suite du décès d'un membre de la famille impériale d'Autriche; mais il en est resté plus qu'il ne fallait pour nous faire goûter les charmes de la belle ville de Vienne et de ses environs si pittoresques et si variés, pour permettre de nouer ou de resserrer les liens d'amitié avec nos très aimables confrères viennois.

Des excursions botaniques extrêmement fructueuses avaient aussi été organisées, de la façon la plus prévenante, pour les congressistes, avant, pendant et après la session : tous en ont emporté le meilleur souvenir.

Il convient enfin de mentionner, avec une vive reconnaissance, l'excursion à laquelle la Société royale hongroise des sciences naturelles nous avait conviés à l'issue du Congrès. Grâce à elle, nous avons pu, en une semaine, visiter Budapest et en admirer les établissements scientifiques : le Jardin botanique de l'Université,

le Musée national hongrois, le magnifique Institut ampélogique; parcourir le Danube dans sa partie la plus grandiose; pousser jusqu'à la frontière roumaine, puis jusqu'aux bains d'Herkulesfürdő et jusqu'à la ville si caractéristique de Debreczin, avec son bel Institut d'agriculture; herboriser aux environs de Pest, de Bazias, d'Orsova, d'Herkulesfürdő et dans l'immense puszta du Hortobágy, où nous avons eu la chance d'observer le spectacle surprenant du « délibáb » ou mirage de la puszta; nous avons pu, surtout, apprécier la cordiale hospitalité hongroise et nous en avons été profondément touchés.

*
* *

A la suite de l'excursion en Bosnie-Herzégovine qui avait précédé le Congrès, l'assemblée plénière a émis le vœu de voir le Gouvernement austro-hongrois créer dans ce pays, à l'exemple de ce qui a été fait aux États-Unis, en Danemark, etc., quelques « réserves » où les intéressantes forêts vierges qui y existent encore soient conservées intactes, à l'abri des modifications et des défrichements.

Qu'il soit permis, en terminant, d'exprimer pour la Belgique un vœu semblable. Beaucoup de questions biologiques capitales ne peuvent être étudiées que sur des terrains où le développement, la succession, les luttes des animaux et des plantes ne soient point troublés par l'intervention de l'homme. Le Gouvernement belge acquerrait donc des titres précieux à la reconnaissance de tous les naturalistes, il augmenterait d'une façon durable le patrimoine scientifique de la nation, s'il

créait dans les régions les plus caractéristiques de notre pays quelques « réserves nationales » de ce genre : par exemple dans les dunes, dans les polders, en Campine, sur les rochers de la Meuse, dans les Hautes-Fagnes, dans la forêt de Saint-Hubert, etc.

C'est là, du reste, un desideratum que le Conseil supérieur des forêts a déjà formulé, il y a trois ans, par l'organe de mon collègue, M. le professeur Ch. Bommer : il faut souhaiter qu'il soit réalisé sans retard.

Les amateurs de sites pittoresques ne s'en réjouiraient sans doute pas moins que les studieux des sciences naturelles.

Sur l'origine des nuances vertes des eaux de la nature et sur l'incompatibilité des composés calciques, ferriques et humiques en leur milieu; par W. Spring, membre de l'Académie.

La question de la couleur des eaux de la nature est bien près d'être arrivée, aujourd'hui, à sa solution définitive : il ne reste plus que quelques parties accessoires, ou secondaires, à éclaircir, à moins que les progrès des sciences ne nous réservent des surprises et ne nous révèlent des points de vue que nous ne pouvons soupçonner à présent.

Nous désirons toucher, dans les lignes suivantes, l'une de ces parties peu connues, savoir : l'influence des sels calciques sur l'origine de la *couleur verte*, puis compléter nos recherches antérieures sur l'élimination réciproque des matières qui contribuent le plus, suivant ce que l'on

pense aujourd'hui, à l'altération de la couleur bleue des eaux (1).

Il est inutile, pour l'objet que nous avons eu en vue, de refaire l'historique du problème de la couleur des eaux; le travail publié récemment par le baron d'Aufsess (2) contient tous les renseignements que l'on pourra désirer à cet égard. Il suffit de rappeler que l'on est d'accord, à présent, pour regarder la couleur bleue de l'eau des lacs, etc., comme vraiment propre à l'eau et non comme un accident résultant du jeu de la lumière solaire dans un milieu plus ou moins trouble; ensuite, que les nuances vertes, jaunes, brunes des eaux de la nature ont pour cause la présence de corps étrangers.

Pour le baron d'Aufsess, ce seraient « uniquement » des solutions de certains composés qui feraient virer la couleur de l'eau du bleu aux diverses nuances verdâtres ou brunâtres, suivant la proportion des corps dissous, tandis que la diffraction de la lumière dans le milieu trouble n'aurait pas d'importance.

Pour d'autres, les corps étrangers agiraient aussi en raison du trouble que leur présence produit dans l'eau et des phénomènes de diffraction qui en sont la conséquence nécessaire.

Que les matières dissoutes dans l'eau jouent le premier rôle par leur couleur propre, c'est ce qui est incontes-

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3^e sér., t. XXXIV, pp. 578-660, 1897.

(2) *Die Farbe der Seen*. Inaugural Dissertation. München, 1903. Un extrait de ce travail a paru dans les *Archives des sciences physiques et naturelles*, t. XVII, p. 186, 1904.

table. Nous avons appelé, à diverses reprises, l'attention sur ce fait (1) et montré même qu'il peut se présenter des cas où la couleur bleue propre à l'eau se trouve non seulement altérée, mais simplement supprimée, sans que la limpidité de l'eau soit diminuée, en apparence du moins. Mais doit-on regarder, pour cela, l'effet produit par la diffraction de la lumière comme négligeable? C'est là une question à examiner attentivement.

Le baron d'Aufsess n'admet pas l'influence de la diffraction sur l'altération de la couleur bleue de l'eau, parce que, d'une part, la couleur d'un milieu trouble préparé avec de l'eau pure ne lui a pas paru semblable à la couleur d'aucune eau naturelle et que, d'autre part, on peut préparer de l'eau verte en dissolvant des composés calcaïques dans de l'eau pure et de l'eau jaune ou brune en y dissolvant des composés humiques. C'est cette dernière raison que nous avons soumise à un nouvel examen; voici comment :

* * *

On a dissous dans de l'eau pure, *nettement bleue*, sur 6 mètres d'épaisseur, de la chaux provenant de la calcination du spath d'Islande. L'eau est devenue *verte* à la suite de cette dissolution. Ensuite, on a traité cette eau

(1) Voir notamment : *Sur le rôle des composés ferriques et des matières humiques dans le phénomène de la coloration des eaux* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. XXXIV, pp. 578-600, 1897) et *Sur la cause de l'absence de coloration de certaines eaux limpides naturelles* (IBID., t. XXXVI, pp. 266-276, 1898).

verte par un courant d'anhydride carbonique jusqu'à formation d'une solution limpide de carbonate acide de calcium. Cette solution était d'un vert un peu moins pur que la précédente. Enfin, on a préparé une solution de sulfate de calcium pur et l'on a constaté également qu'elle était verte. Ces observations concordent donc entièrement avec celles d'Aufsess.

Cependant, des expériences antérieures (1) ayant démontré l'absence complète de couleur propre aux sels de calcium, quel qu'ait été le degré de leur concentration, on se trouvait en présence d'une contradiction. Il importait d'en connaître l'origine.

J'ai examiné alors les solutions de chaux, de carbonate acide de calcium et de sulfate de calcium dans un rayon de lumière électrique intense (2) et j'ai constaté que chacune d'elles s'illuminait fortement : le passage du rayon lumineux était marqué par une trainée estompée : *on n'avait donc pas affaire à des solutions optiquement vides*, mais à des solutions troubles.

En vue de reconnaître, si possible, la nature de ce trouble, j'ai évaporé à sec la solution de carbonate acide de calcium, dont le trouble était le plus prononcé, en prenant les précautions nécessaires pour ne pas la charger de matières étrangères. Pour cela, l'évaporation a eu lieu dans une *cornue de platine* qui était balayée, par aspiration à l'aide d'une trompe à eau, par un courant d'air

(1) *Sur la diffusion de la lumière par les solutions.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], pp. 300-315, 1899.)

(2) *Sur la réalisation d'un liquide optiquement vide.* (IBID., pp. 176-191, 1899.)

filtré à travers une couche épaisse de *coton-poudre*, pour retenir toute poussière.

Le résidu de l'évaporation était absolument blanc, mais, soumis à la calcination, il a perdu sa blancheur pour la reprendre ensuite. *Il renfermait donc, très probablement, des traces de matières organiques.*

Le produit calciné a été traité par de l'acide chlorhydrique dilué : il a donné un liquide limpide en apparence, mais qui s'illuminait fortement dans un rayon de lumière électrique. Il était donc trouble en réalité, et il y a tout lieu de supposer que le trouble était dû à des *traces de silice*.

En somme, la solution calcique renfermait en suspension, à l'état colloïdal, des matières organiques qu'elle avait puisées peut-être dans l'air (1), et de la silice (ou des silicates) provenant sans doute des vases en verre qui avaient servi aux manipulations.

Comme les matières colloïdales se trouvent généralement retenues, agglutinées par le noir animal, j'ai filtré les solutions de sulfate et de carbonate acide de calcium sur une couche de noir animal récemment calciné, d'une vingtaine de centimètres d'épaisseur, à l'effet de contrôler le résultat précédent. Les liquides ainsi filtrés ont été versés chacun dans un tube de 6 mètres de long et comparés avec de l'eau pure, optiquement vide, qui remplissait un troisième tube. Il n'a pas été possible, cette fois, de constater la moindre différence de couleur

(1) On se rappelle que Tyndall a reconnu, il y a déjà longtemps, que la poussière à laquelle l'air doit de s'illuminer sur le passage d'un rayon de lumière *était de nature organique*.

entre les trois liquides : *les solutions calciques étaient d'un bleu aussi pur que l'eau elle-même.*

Il est donc certain que les solutions primitives renfermaient quelque matière non dissoute qui causait la *couleur verte* sans être colorée par elle-même, sinon le résidu de l'évaporation de l'eau n'eût pas été d'un blanc si absolu, et que, en outre, les composés calciques, incolores par eux-mêmes, ne sont pour rien dans l'altération du bleu de l'eau. Comme il s'agit, dans l'espèce, de substances incolores suspendues dans l'eau et retenues par la filtration, on est bien forcé de recourir à la diffraction de la lumière pour expliquer les phénomènes de coloration observés, car elle peut seule suppléer à l'absence ou au défaut de couleur propre des corps étrangers.

*
* * *

Le complément que je désire donner aux recherches sur l'élimination réciproque des *matières humiques* et des *composés ferriques* auxquelles j'ai fait allusion plus haut, se rapporte à l'action des composés calciques aussi bien sur les composés ferriques que sur les matières humiques.

Avant de passer aux expériences nouvelles, il n'est pas inutile de rappeler, en un mot, l'extrême pouvoir colorant de ces substances, c'est-à-dire combien faible peut être la proportion que l'eau doit en renfermer pour que sa couleur bleue soit altérée.

Si de l'eau pure renferme seulement *un millionième d'hydrate ferrique*, elle paraît *brune* quand on la regarde à travers un tube de 6 mètres ; pour un *dix-millionième* environ, elle est *verte* et sa couleur bleue ne reprend le

dessus que si elle en renferme moins d'un *vingt-millionième*. Les matières humiques ont un pouvoir colorant plus grand encore, puisque la couleur bleue de l'eau n'est perceptible que si l'eau renferme moins d'un *quarante-millionième* de matières humiques.

J'ai déjà montré que si les eaux de la nature renfermaient leur *fer* à l'état de *composés ferriques*, aucune d'elles ne serait ni bleue ni même verte, mais elles seraient toutes plus ou moins brunâtres. S'il n'en est pas ainsi, c'est que les matières humiques réduisent, surtout sous l'influence de la lumière, les composés *ferriques* à l'état de composés *ferreux*, dont la couleur verte n'a relativement pas d'importance, et qu'elles les précipitent finalement, en formant avec elles des combinaisons insolubles.

Mais ce n'est pas là le seul procédé d'*élimination* qui s'accomplit dans l'eau; c'est ce que prouvent les expériences que voici :

Une solution (1 litre) parfaitement limpide d'hydrate ferrique à l'état colloïdal, au titre d'environ 3 millièmes, formée par dissolution de FeCl_3 dans l'eau, a été additionnée d'un volume égal d'une solution de *carbonate acide de calcium* ou d'une solution de *sulfate de calcium*. Après peu d'instants, la floculation a commencé, et le lendemain l'eau était absolument limpide, tandis que le fond du vase était couvert d'une boue jaunâtre, couleur d'ocre. Examinée dans le tube de 6 mètres, cette eau s'est montrée *verte*. Évaporée dans une cornue de platine, elle a laissé un résidu formé exclusivement de carbonate de calcium ou de sulfate de calcium sans trace de composé ferrique; le dépôt ocreux renfermait de

85 à 90 % d'hydrate ferrique, le restant étant du carbonate de calcium ou du sulfate de calcium.

Si l'on traite de même une solution étendue de chlorure ferrique par du carbonate neutre de calcium, la floculation commence également dès les premiers instants, malgré la non-solubilité du carbonate de calcium, et l'eau se débarrasse absolument du composé ferrique.

Enfin, j'ajouterai qu'à ces degrés de dilution, les solutions de chlorure ferrique sont aussi précipitées par des sels solubles quelconques, parmi lesquels le sel marin a pour nous un intérêt particulier; mais il reste, dans ces cas, une trace de composé ferrique en solution; on peut la déceler par l'emploi des réactifs et en déterminer la précipitation complète en quelques jours par le carbonate de calcium.

Il résulte donc de ce qui précède qu'il y a vraiment *incompatibilité* dans la présence des composés ferriques et des composés calciques dans l'eau. Une eau naturelle renfermant des composés ferriques ne pourra rester de couleur limoneuse ou jaunâtre si elle contient en même temps des composés calciques, ce qui est généralement le cas. Alors elle se clarifiera en un temps relativement court et finira par devenir verte, ou bleue, selon le degré d'élimination des corps étrangers.

Remarquons encore que la précipitation complète des composés ferriques suppose que les composés calciques soient *en excès*; dans le cas contraire, l'eau reste chargée d'un peu de fer et elle sera de teinte plus ou moins brune sans vert et *a fortiori* sans bleu visible. Il est donc facile de comprendre que la présence de composés calciques met à jour, en tout ou en partie, la couleur propre de l'eau.

Les matières humiques, à leur tour, se trouvent entreprises par les composés calciques et précipitées pour la plus grande partie, sinon totalement.

En effet, de l'eau de tourbière, noire brunâtre comme du café, a été additionnée d'un volume égal d'une solution limpide de sulfate de calcium ou de carbonate acide de calcium. La floculation ne s'est pas fait attendre, bien qu'elle ait progressé beaucoup plus lentement que celle des composés ferriques. Le lendemain, toute la matière humique était tombée au fond du vase, tandis qu'un *témoin* resté sans addition de composé calcique n'avait éprouvé aucun changement. Néanmoins, le liquide privé de matières humiques n'était pas absolument limpide : une matière d'un gris blanchâtre le troublait encore, de manière à le faire paraître *opaque* quand on le regardait sur une épaisseur de 6 mètres. La matière de ce trouble était de nature organique, car le résidu de l'évaporation de l'eau a bruni nettement pendant la calcination. Le repos absolu du liquide favorise naturellement la précipitation de cette matière organique, mais si lentement qu'il est douteux que dans une eau naturelle, qui n'est jamais au repos complet, elle puisse s'achever. Le concours d'une substance précipitante autre que les composés calciques paraît donc nécessaire. En fait, en ajoutant à cette eau troublée trois ou quatre gouttes d'une solution de chlorure ferrique par litre, ce qui représente environ deux millionièmes de composé ferrique, la floculation reprend avec une activité telle que le liquide se trouve entièrement clarifié après une dizaine d'heures. Ce fait nous ramène au problème déjà traité de l'élimination des matières humiques par les composés ferriques.

Conclusions.

Les composés calciques des eaux naturelles n'ont pas de couleur propre et ne sont pas cause de la couleur verte observée le plus souvent dans les eaux calcaireuses passant pour limpides. La couleur verte que l'on constate encore après l'élimination des matières colorées qui se trouvaient dans l'eau est la conséquence de la diffraction de la lumière par les particules invisibles que l'eau renferme toujours et dont on peut démontrer la réalité par un rayon lumineux intense.

Les composés calciques exercent une action puissante d'élimination sur les composés ferriques contenus dans l'eau. Conjointement avec ces derniers, ils provoquent également l'élimination des matières humiques qui altèrent si facilement la couleur propre de l'eau, et loin d'être des agents d'*altération*, ils sont, au contraire, les plus grands protecteurs du bleu de l'eau.

Si toutes les eaux calcaireuses de la nature ne sont pas bleues, c'est qu'il se produit, chez un certain nombre, un état d'équilibre stationnaire entre l'action purifiante de leurs composés calciques et l'afflux perpétuel des composés humiques et ferriques qui auraient chacun pour résultat de faire disparaître la couleur bleue de l'eau sous l'épaisseur de leur teinte brune. La nuance bleue plus ou moins verdâtre que nous constatons peut nous renseigner sur le point où cet état d'équilibre entre les agents antagonistes se trouve fixé.

Liège. Institut de chimie générale, 20 juin 1905.

Action de la solution colloïdale d'étain sur des graines en germination; par H. Micheels et P. De Heen.

Par des considérations de divers ordres, nous avons été conduits à étudier l'action de la solution colloïdale d'étain sur des graines en germination.

Cette solution a été préparée en faisant passer dans l'eau distillée, entre des baguettes d'étain, des étincelles produites par un courant de 110 volts.

La méthode employée est très simple; elle consiste à placer sur un tissu à larges mailles, tendu au-dessus du liquide en expérimentation, des graines bien constituées et égales entre elles, trempées au préalable pendant vingt-quatre heures ou davantage dans la même eau distillée.

Expérience I.

Matériaux d'étude : Pois.

Durée de l'expérience : 22 mars au 2 mai 1905.

Solution colloïdale d'étain :

Eau distillée :

Racines de 18 centimètres.

Racines très petites.

Cette première expérience nous montre déjà l'action favorisante exercée sur le Pois par la solution colloïdale d'étain. Avec le Blé, l'Avoine, le Sarrasin, etc., on obtient des résultats analogues.

La figure 1 nous montre très nettement, d'après une



FIG. 1. — Pois en germination. — Les plantules du tamis suspendu à gauche ont été soumises à l'action de la solution colloïdale d'étain; celles de l'autre tamis se sont développées sur l'eau distillée.



photographie, la différence d'action de la solution colloïdale d'étain et de l'eau distillée.

Les eaux qui ont servi dans cette expérience ont été distillées dans un alambic en cuivre non étamé.

Dans un travail récent (1), nous avons montré l'influence qu'exerce la nature du vase dans lequel l'eau a été distillée. Nous avons donc pris soin de répéter, avec de l'eau distillée provenant d'un appareil en verre, les expériences que nous avons faites au début avec de l'eau distillée ordinaire. La différence d'action est restée très manifeste.

Nous avons comparé aussi l'action de la solution colloïdale d'étain à celle d'un liquide de culture.

Expérience II.

Matériaux d'étude : *Froment*.

Durée de l'expérience : du 21 mars au 3 avril 1905.

Liquides en expérimentation :	Liquide de culture (2).	Solution coll. d'étain.
Nombre des germinations :	92 o/o	96 o/o
Poids moyen des germinations :	0 ^{gr} 138	0 ^{gr} 207
Longueur des racines :	presque nulles.	10 centimètres.

Cette expérience n'a pas l'importance qu'on pourrait

(1) H. MICHEELS et P. DE HEEN, *Sur l'eau distillée et les cultures aqueuses*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], juin 1905.)

(2) Voir H. MICHEELS et P. DE HEEN, *Note relative au mode d'action excitatrice exercée par les courants sur la germination*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], juillet 1905.)

lui attribuer de prime abord, car les liquides nutritifs, au début de la germination, exercent une action plutôt défavorable. Dans les limites de nos expériences, au point de vue de leur durée, les matières de réserve des graines ne sont d'ailleurs pas entièrement utilisées.

Nous avons cherché ensuite à nous rendre compte du mode d'action de la solution colloïdale d'étain. Pour cela, il convenait d'abord d'examiner l'influence que pouvaient exercer la filtration et la distillation.

Expérience III.

Matériaux d'étude : *Froment*.

Durée de l'expérience : 24 mars au 3 avril 1903.

Des graines, trempées dans l'eau pendant quarante-huit heures, ont été soumises, les unes à l'action de la solution colloïdale ordinaire, les autres à une solution filtrée deux fois.

Liquides en expérimentation :	Sol. coll. non filtrée.	Sol. coll. filtrée.
Nombre des germinations :	80 %	92 %
Poids moyen des germinations :	0gr493	0gr189
Longueur des racines :	10cm5	11 centimètres.
Longueur des feuilles :	8cm5	9 —

On a employé le liquide de culture suivant :

Eau distillée	1 litre
Nitrate de potasse	1gr0
Sulfate de magnésie	0gr5
Sulfate de chaux	0gr5
Phosphate ferreux	0gr5
Sulfate de fer	0gr03
Chlorure de sodium	0gr5

que l'on dilue ensuite en mélangeant 100 centimètres cubes de ce liquide à 1,000 centimètres cubes d'eau distillée, afin d'éviter une concentration trop préjudiciable.

Comme on le voit, on ne constate guère de différence entre la solution ordinaire et la solution filtrée, quant à leurs effets sur les germinations. C'est à peine si l'on peut relever une tendance favorable pour la seconde.

Ajoutons que, après évaporation de 1 litre d'une solution deux fois filtrée, nous n'avons eu que 0^{re}0075 de résidu fixe.

Cette solution colloïdale deux fois filtrée, après avoir été distillée dans un appareil en platine, nous a donné, comparativement à la solution seulement filtrée, les résultats suivants :

Expérience IV.

Matériaux d'étude : *Froment*.

Durée de l'expérience : 2 au 17 mai 1905.

Liquides en expérimentation :	Sol. coll. d'étain filtrée.	Sol. coll. d'étain filtrée, puis distillée.
Nombre des germinations :	100 %	90 %
Poids moyen des germinations :	0 ^{re} 1963	0 ^{re} 2055
Longueur des racines :	3 centimètres.	3 ^{cm} 5

Il résulte de ces expériences que des traces infinitésimales d'étain exercent encore une action sur les germinations.

On constate, en outre, que cette action ne *paraît* s'épuiser ni par le temps ni par l'emploi.

Expérience V.

Le 6 avril 1905, des graines de Froment, trempées au préalable dans l'eau distillée pendant vingt-quatre heures, ont été mises au contact d'une solution colloïdale d'étain déjà ancienne. Dès le 19 avril, elles donnaient 92 % de

germinations avec de belles racines de plus de 11 centimètres de longueur. Le même jour, cette solution, qui avait donc servi, fut offerte à des graines de Pois et de Froment qui fournirent des germinations magnifiques avec de grandes racines.

Nos recherches sont trop récentes pour que nous puissions nous prononcer d'une façon plus précise au sujet de la durée d'action de notre solution.

Comme l'étain ou les sels qui le contiennent se trouvent en quantité si minime dans la solution colloïdale d'étain, on pouvait se demander s'il ne suffirait pas de tremper les graines dans la solution pour provoquer l'action favorable que nous avons constatée dans les expériences qui viennent d'être relatées.

Expérience VI.

Matériaux d'étude : *Froment*.

Durée de l'expérience : 21 mars au 3 avril 1905.

Des graines trempées au préalable pendant vingt-quatre heures, les unes dans l'eau distillée, les autres dans la solution colloïdale d'étain, furent soumises à l'action de l'eau distillée.

Liquides où ont trempé les graines :	Sol. coll. d'étain.	Eau distillée.
Poids moyen des germinations :	0gr125	0gr138
Racines :	presque nulles.	presque nulles.

La même expérience, répétée avec le Pois, ne nous a pas non plus donné de racines.

Il résulte de là que la solution colloïdale d'étain ne provoque pas une impulsion dont l'effet se poursuit. On doit la faire agir d'une façon continue.

Nous avons pu remarquer aussi que l'action favorisante de la solution colloïdale d'étain n'était pas due aux substances en dissolution, mais aux substances en suspension.

Il a suffi pour cela de déterminer une floculation plus ou moins grande par l'électricité (1).

Expérience VII.

Matériaux d'étude : *Froment*.

Des graines trempées au préalable pendant vingt-quatre heures dans l'eau distillée ont été soumises à l'action d'une solution colloïdale d'étain dans deux cristallisoirs, dont l'un servait de témoin et dont l'autre recevait, par deux électrodes en or, le courant donné par huit éléments de Daniell associés en série.

	Courant de 8 Daniell.	Pas de courant.
Nombre des germinations :	96 %	92 %
Poids moyen des germinations :	0gr143	0gr174
Longueur des racines :	2 centimètres (2).	5 centimètres.

Dans le cristallisoir où la floculation s'est opérée en grande partie, nous observons donc que le rendement en poids et la longueur des racines sont moindres.

La floculation peut encore être produite par l'addition d'électrolytes.

Nous avons d'abord choisi un électrolyte favorable à la croissance des racines des germinations.

(1) Dans son beau travail *Sur la floculation des milieux troubles* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], n° 7, 1900), W. Spring a montré qu'un courant électrique, quelque faible qu'il soit, produit la floculation.

(2) Les racines étaient tournées vers la cathode.

Expérience VIII.

Matériaux d'étude : *Froment*.

Durée de l'expérience : 26 avril au 12 mai 1905.

Des graines trempées au préalable pendant vingt-quatre heures dans l'eau distillée ont été soumises à des solutions colloïdales d'étain additionnées de diverses quantités de nitrate de potassium.

Quantité en poids de nitrate de potassium :	0.01	0.001	0.0001	0.00001	0
Nombre des germinations :	90 %	100 %	100 %	95 %	100 %
Poids moyen des germinations :	0 ^{gr} 162	0 ^{gr} 341	0 ^{gr} 218	0 ^{gr} 203	0 ^{gr} 192

On peut interpréter ce résultat de la façon suivante : Avec 0.01 de KNO_3 , la floculation s'est faite, l'action excitatrice de la solution colloïdale est presque annulée, tandis qu'avec 0.001, il y a superposition des actions favorisantes de la solution colloïdale et du KNO_3 . L'action des particules en suspension persiste seule avec 0.0001 et 0.00001 de KNO_3 , car le rendement en poids, dans ces deux derniers cas, se rapproche beaucoup de celui donné par le témoin.

Si l'on remplace le nitrate de potassium par le chlorure d'aluminium, nous obtenons le résultat suivant :

Expérience IX.

Matériaux d'étude : *Froment*.

Durée de l'expérience : du 3 au 19 mai 1905.

Addition de Al^3Cl^6 :	0.01	0.001	0
Nombre des germinations :	0 %	90 %	100 %
Poids moyen des germinations :	0	0 ^{gr} 0990	0 ^{gr} 152

Nous avons affaire ici à une substance qui provoque non seulement la floculation, mais aussi une intoxication.

Ainsi, la floculation tendant à diminuer l'influence de la solution, il est légitime de supposer que l'action exercée par notre solution colloïdale d'étain est due aux substances en suspension.

Les substances en suspension dans la solution colloïdale d'étain ne peuvent évidemment servir à la nourriture de la plante, d'abord parce que cette solution a un résidu fixe infinitésimal et ensuite parce que son action n'est pas épuisée par l'emploi. Il faut donc en inférer que ces substances en suspension exercent une action purement excitatrice.

La preuve nous en est fournie aussi par l'expérience I. En effet, le poids moyen des belles germinations de Pois données par la solution colloïdale d'étain est de 0^{gr}315, alors que celui des germinations qui n'ont eu que de l'eau distillée à leur disposition s'élève déjà à 0^{gr}301.

Des recherches que nous avons entreprises concernant l'influence de la solution colloïdale d'étain sur des graines en germination, nous pouvons donc conclure que cette solution favorise la germination par suite des actions excitatrices continues des particules que le liquide tient en suspension.

Dans les solutions colloïdales, les particules en suspension sont d'un ordre de grandeur tel qu'elles échappent à l'action de la pesanteur. Elles se maintiennent, sans se sédimenter, au sein du liquide par suite d'un dégagement uniforme d'énergie dans toutes les directions, résultant de l'absence d'équilibre ionique, conséquence de la petitesse de la particule. C'est à cette énergie qu'il

faut attribuer l'excitation exercée sur les graines en germination. Suivant la nature de la substance en suspension, l'influence sera favorable ou défavorable sur l'organisme ou l'organe soumis à son action.

Institut de physique de l'Université de Liège.

Note relative au mode d'action excitatrice exercée par les courants sur la germination; par H. Micheels et P. De Heen.

Dans le cours de certaines recherches d'une portée plus générale, nous avons été amenés à comparer l'action du courant électrique sur des graines en germination lorsque les vases de culture sont disposés : 1° en série; 2° en batterie.

Nous avons pris comme matériaux d'étude des graines de Blé. Après les avoir trempées pendant vingt-quatre heures dans l'eau distillée, on les déposait sur un tamis formé d'un tissu à larges mailles, maintenu rigide au moyen d'un cadre en fil d'aluminium, accroché au bord supérieur du cristalliseur destiné au liquide de culture. Celui-ci affleurait au tamis et ne recouvrait jamais les graines.

Le liquide de culture n'était autre chose que la solution de Sachs, mais dans laquelle le phosphate calcique était remplacé par du phosphate ferreux et non par un mélange de phosphate calcique et de phosphate ferreux, ainsi que Von der Crone (1) le préconise. C'est afin d'éviter toute

(1) G. VON DER CRONE, *Ergebnisse von Untersuchungen über die Wirkung der Phosphorsäure auf die höhere Pflanze und eine neue Nährlösung*. Inaugural Dissertation. Bonn, Seb. Foppen, 1904.

complication inutile que nous nous sommes bornés à échanger le phosphate calcique contre le phosphate ferreux.

Dans les limites de nos expériences, les matières de réserve emmagasinées dans les graines n'étaient pas complètement utilisées; il s'agissait donc de rendre l'eau conductrice et non d'alimenter les plantules. Il nous a semblé aussi que le mélange salin, constituant un liquide de culture, conviendrait mieux qu'un sel isolé, car son action sur l'ensemble des organes serait plus uniforme.

Voici la composition du liquide employé :

Eau distillée	1 litre
Nitrate de potasse	1gr0
Sulfate de magnésie	0gr5
Sulfate de chaux	0gr5
Phosphate ferreux	0gr5
Sulfate de fer	0gr03

On ajoutait à ce mélange 0gr5 de chlorure de sodium pour prévenir l'altération du liquide. Nous avons fait usage d'eau distillée du Laboratoire, provenant d'un alambic en cuivre non étamé. H. Coupin (1) ayant démontré que tous les sels de cuivre ont une toxicité à peu près égale, le choix de l'eau distillée importait donc peu, à condition qu'elle fût la même dans toutes nos expériences.

I. — MONTAGE EN TENSION.

Des graines aussi semblables que possible, au nombre de vingt-cinq par cristalliseur, préalablement trempées pendant vingt-quatre heures dans l'eau distillée, sont

(1) H. COUPIN, *Sur la toxicité des sels de cuivre à l'égard des végétaux supérieurs*. (COMPTES RENDUS DE L'ACAD. DES SCIENCES DE PARIS, t. CXXVII, p. 401.)

déposées sur les tamis de cristallisoirs que nous désignerons par les lettres A, B et C. Le premier, A, reçoit 750 centimètres cubes d'eau distillée et 250 centimètres cubes de la solution nutritive. Dans le second, B, on verse 500 centimètres cubes d'eau distillée et la même quantité de solution nutritive; dans le troisième, C, 1 litre de la solution nutritive.

Les électrodes sont des lames d'aluminium ayant exactement les mêmes dimensions, et le courant est produit par trois éléments de Daniell capables de fournir un courant de quelques milliampères.

Dans une expérience qui a duré du 25 janvier au 13 février 1905, nous obtenons les résultats suivants :

Désignation des cristallisoirs :	A	B	C
Nombre des germinations :	68 %	68 %	68 %
Poids moyen des germinations :	0 ^{gr} 219	0 ^{gr} 192	0 ^{gr} 165

En comparant les poids moyens des germinations, nous voyons qu'ils décroissent suivant une progression arithmétique dont la raison est 0.027.

Il en résulte que, dans le montage en *tension*, lorsque la concentration du liquide *croît* en progression géométrique, le poids moyen des germinations *décroît* suivant une progression arithmétique.

II. — MONTAGE EN QUANTITÉ.

On a fait usage du même dispositif que pour le montage en tension, sauf que les électrodes d'aluminium ont été soudées à des fils d'aluminium de même longueur et de même section, réunis par trois à l'anode et à la cathode

d'une pile de trois éléments de Daniell associés en batterie.

Nous nous bornerons à transcrire deux protocoles d'expériences. Les cristallisoirs A, B et C reçoivent des liquides de concentration $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ et 1, comme pour le montage en tension.

Expérience (24 novembre-14 décembre 1904).

Désignation des cristallisoirs :	A	B	C
Nombre des germinations :	96 %	92 %	84 %
Poids moyen des germinations :	0 ^{gr} 246	0 ^{gr} 287	0 ^{gr} 332

Expérience (17 février-8 mars 1905).

Désignation des cristallisoirs :	A	B	C
Nombre des germinations :	100 %	92 %	92 %
Poids moyen des germinations :	0 ^{gr} 140	0 ^{gr} 164	0 ^{gr} 194

Dans le montage en *quantité*, lorsque la concentration du liquide *croît* en progression géométrique, le poids moyen des germinations *croît* aussi en progression arithmétique.

Nous n'avons pas toujours obtenu des résultats aussi précis que dans l'expérience relatée page 320, mais il ne faut pas perdre de vue que, par une chance assez rare, le nombre des plantules développées était, dans ce cas-là, le même dans les trois cristallisoirs.

Quand on considère les résultats obtenus, on ne peut se défendre d'évoquer la loi psycho-physique de Weber, suivant laquelle la sensation croît en proportion arithmétique lorsque l'intensité de l'excitant croît en proportion géométrique.

Rappelons que W. Pfeffer (1) et J. Massart (2) ont trouvé que la sensibilité de certains organismes inférieurs obéissait à cette loi, le premier en examinant l'action des substances chimiques sur les spermatozoïdes des Cryptogames, le second en étudiant l'héliotropisme d'un *Phycomyces*.

Montrons maintenant comment on peut expliquer la proportionnalité observée dans le montage en tension et dans le montage en quantité.

En faisant usage des solutions A, B et C, dont les concentrations varient suivant la progression géométrique $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ et 1, nous employons une même quantité de liquide, 1 litre, additionnée d'une quantité de molécules salines qui va en augmentant aussi, suivant la progression géométrique : 1, 2 et 4.

Dans le montage en tension, l'intensité du courant est la même dans les trois solutions : nous la représenterons par i ; mais la résistance, que nous désignerons par r , n'est pas la même : elle est inversement proportionnelle au nombre des molécules salines, puisque l'augmentation du nombre de celles-ci a pour effet de rendre le liquide meilleur conducteur. Cette résistance sera donc, dans les solutions A, B et C, respectivement égale à R , $\frac{R}{2}$ et $\frac{R}{4}$. Or, le travail électrique ou T est égal au produit de la

(1) W. PFEFFER, *Locomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize*. (UNTERSUCHUNGEN AUS DEM BOTANISCHEN INSTITUT ZU TÜBINGEN, vol. I, p. 363.)

Id., *Ueber chemotactische Bewegungen von Bakterien, Flagellaten und Volvocineen*. (IBID., vol. II, p. 582.)

(2) J. MASSART, *Recherches sur les organismes inférieurs*. — 1. *La loi de Weber vérifiée pour l'héliotropisme du Champignon*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 1888, n° 42, p. 590.)

résistance par le carré de l'intensité ($T = Ri^2$); de sorte que dans les solutions A, B et C, nous aurons comme expression du travail Ri^2 , $\frac{R}{2}i^2$, $\frac{R}{4}i^2$. Nous voyons donc par là que le travail variera suivant la progression 1, $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{4}$.

Dans le montage en quantité, l'intensité du courant dans les solutions varie en raison directe du nombre des molécules salines, de sorte que si nous représentons par i l'intensité du courant dans la solution A, dont la concentration est de $\frac{1}{4}$, $2i$ et $4i$ seront les valeurs de l'intensité dans les solutions B et C, dont les concentrations sont respectivement $\frac{1}{2}$ et 1. Or, le travail électrique a aussi pour formule $T = ei$, e représentant la force électro-motrice, de sorte que dans les solutions A, B et C, le travail électrique aura respectivement pour valeur ei , $2ei$ et $4ei$; le travail ira donc en augmentant suivant la progression 1, 2 et 4.

Dans le montage en tension, le travail électrique va en diminuant suivant une progression géométrique, alors que dans le montage en quantité, ce même travail va en augmentant suivant une progression géométrique.

Dans le premier cas, le rendement en poids va en diminuant suivant une progression arithmétique, tandis que, dans le second cas, il va en augmentant suivant une progression arithmétique.

Dans les deux cas, le travail amène la production de la solution colloïdale, grâce à la présence des électrodes d'aluminium, dans les liquides de culture.

Le rôle favorable ou défavorable joué par une solution colloïdale dépend nécessairement de sa nature spécifique, et, dans les solutions utilisées, c'est l'aluminium

qui joue le rôle favorisant, ainsi que nous pourrions aisément le démontrer.

Nous examinerons d'abord, en reprenant le dispositif des expériences précédentes, l'action des solutions de diverses concentrations que nous avons employées, mais sans avoir recours au courant galvanique et en ayant soin de plonger dans chacune d'elles des plaques d'aluminium d'égales dimensions.

Expérience (14-27 mars 1905).

Désignation des cristallisoirs :	A	B	C
Nombre des germinations :	80°/o	84°/o	72°/o
Poids moyen des germinations :	0gr231	0gr216	0gr210

Ce sont donc les solutions les moins concentrées qui donnent les meilleurs rendements en poids, c'est-à-dire celles qui utilisent le plus l'action de l'état colloïdal. Le résultat obtenu dans cette expérience était prévu, il s'accorde d'ailleurs avec celui qui nous a été fourni par le montage en tension, c'est-à-dire lorsque les solutions A, B et C ont été soumises à un courant d'égale intensité.

Nous savons que les électrolytes déterminent la floculation des substances colloïdales. Donc, plus la solution saline sera concentrée et moins aussi la substance colloïdale pourra avoir d'action.

Si l'on néglige d'introduire des lames d'aluminium dans ces mêmes solutions, toute espèce de proportionnalité disparaît, ainsi que le montre l'expérience suivante.



FIG. 1. — Germinations de Froment. — Des graines mises en germination avaient poussé des racines très petites. Dans un des cristalliseurs, on a fait passer le courant donné par 3 éléments de Daniell. Au bout de quelques jours, les racines prennent un développement remarquable (tamis de droite).

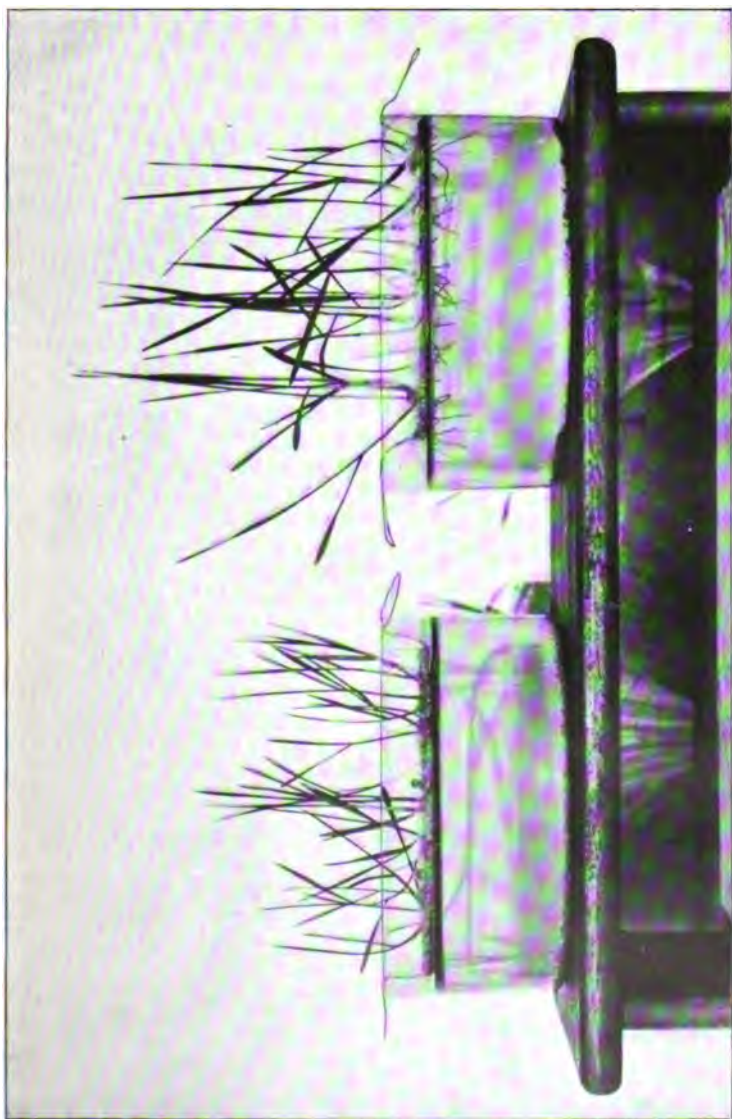


FIG. 2. — Germinations de Froment. — Le cristalliseur placé à gauche sert de témoin; dans celui placé à droite, on a fait passer le courant tellurique.

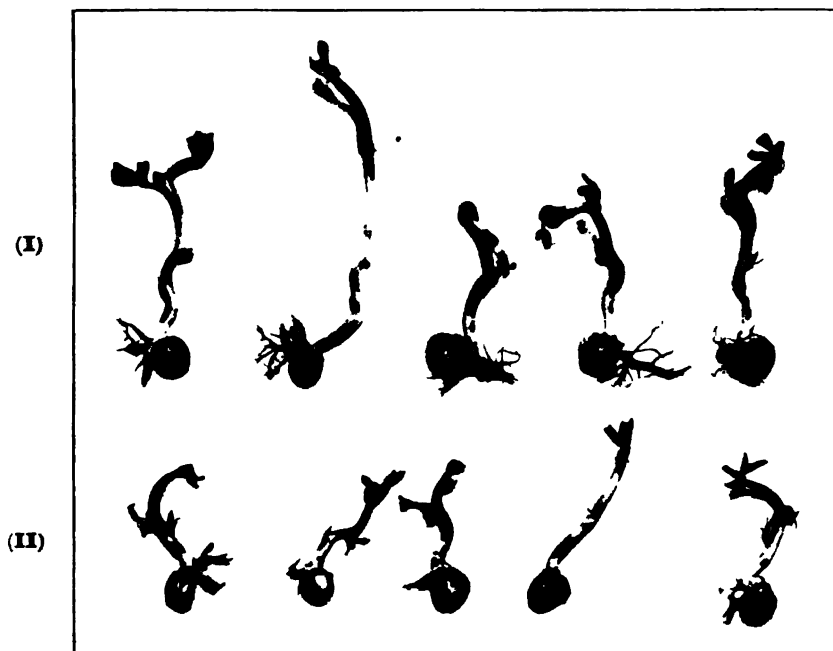


FIG. 3. — Germinations de Pois. — Dans une expérience, qui a duré du 24 novembre au 17 décembre 1904, des graines de Pois étaient soumises à l'action du courant tellurique, tandis que les autres servaient de témoins. La rangée supérieure (I) est formée par les germinations soumises à l'action du courant. Dans la rangée inférieure (II) se trouvent les germinations servant de témoins.

Expérience (14 décembre 1904-5 janvier 1905).

Désignation des cristallisoirs :	A	B	C
Nombre des germinations :	84 %	92 %	84 %
Poids moyen des germinations :	0 ^{gr} 169	0 ^{gr} 175	0 ^{gr} 157

Le rôle favorisant joué par les lames d'aluminium nous est prouvé par un très grand nombre d'expériences que nous pouvons classer en plusieurs catégories. Dans chacune d'elles, nous avons fait usage du même liquide de culture (100 c. c. de la solution nutritive, indiquée page 319, pour 1,000 c. c. de la même eau distillée).

I. — Lames d'aluminium et courant galvanique.

Dans le cristallisoir témoin, les racines sont presque nulles; dans l'autre, les racines sont très développées.

Matériaux d'étude : *Froment* (fig. 1), *Avoine*, *Sarrasin*.

II. — Lames d'aluminium avec courant tellurique.

Des lames d'aluminium assez grandes ont été mises en communication par des fils de cuivre avec la tuyauterie à gaz et avec la tuyauterie à eau.

Dans le cristallisoir témoin, les racines sont presque nulles; dans l'autre, les racines sont très développées.

Matériaux d'étude : *Froment* (fig. 2), *Pois* (fig. 3).

III. — Lames d'aluminium sans courant.

Dans le cristallisoir témoin, les racines sont presque nulles; dans l'autre, les racines sont très développées.

L'influence de l'intensité du courant est, d'autre part,

nettement dégagée par l'expérience suivante, faite au moyen d'une solution de concentration uniforme (1), dans laquelle plongent des lames d'aluminium d'égales dimensions.

Expérience.

Solutions traversées par le courant fourni par	1 Daniell.	2 Daniell.	3 Daniell.	4 Daniell.	la terre.	Pas de courant.
Nombre des germinations .	88 %	84 %	88 %	56 %	80 %	68 %
Poids moyens des germinations	0gr240	0gr245	0gr226	0gr226	0gr217	0gr215

Nous constatons, en outre, que les racines ont des longueurs sensiblement proportionnelles aux poids moyens des germinations.

Sous l'influence du courant, il y a lieu de constater non seulement un rapport de proportionnalité, mais encore un optimum (courant de 2 Daniell).

CONCLUSIONS.

Indépendamment de toute hypothèse, on peut dire : 1° qu'il se dégage des électrodes d'aluminium, avec la solution nutritive employée, une excitation favorable à la plantule; 2° que cette action, quand elle est déterminée par le courant, est une fonction de l'énergie qu'il développe, et 3° que cette fonction se conforme à la loi de Weber.

Institut de physique de l'Université de Liège.

(1) Un mélange de 100 centimètres cubes de la solution nutritive (voy. p. 2) avec 1,000 centimètres cubes d'eau distillée.

Reproduction de la crocoïse et de la mélinoïse cristallisées par l'action de l'anhydride carbonique de l'air sur les dissolutions alcalines des sels de plomb correspondants ; par G. Cesàro, professeur à l'Université de Liège.

Beaucoup de sels de plomb insolubles dans l'eau se dissolvent dans une solution d'hydroxyde de potassium. J'ai eu l'idée d'exposer ces solutions alcalines à l'air : l'anhydride carbonique saturera lentement le dissolvant en le faisant passer à l'état de carbonate potassique, et le sel de plomb se déposera lentement en cristallisant.

* * *

L'expérience a confirmé mes prévisions en ce qui concerne la crocoïse et la mélinoïse : je viens d'examiner des solutions de chromate de plomb et de molybdate de plomb dans l'hydroxyde de potassium, préparées il y a quatre mois :

La première a donné un dépôt cristallin d'un beau rouge, formé de groupes d'aiguilles ayant l'aspect et les principales propriétés de la crocoïse.

La seconde, qui s'était troublée au bout de quelque temps en bleuissant, m'a donné une poudre grenue, très dense, grise, à éclat métallique, mais que le microscope montre formée de petits cristaux transparents ayant la forme de quadroctaèdres basés.

Je pense que cette méthode, un peu modifiée, donnera des cristaux de pyromorphite, mimetèse et vanadinite.

Il est probable que la céruse pourra être obtenue en opérant sur une solution alcaline d'oxyde de plomb.

Formes nouvelles dans la Linarite et dans la Mélénose ; par
G. Cesàro, professeur à l'Université de Liège.

LINARITE (*). Forme $\overline{12.2.11} = b''^{10} b''^{14} h''^{11}$.

Cristal provenant du Cumberland, hémitrope par rapport à h^1 , représenté par les figures 1 et 2 en projection orthogonale respectivement sur un plan horizontal et sur le plan de symétrie. Données de départ (*Koksharov in Dana*, p. 927) :

$$ph^1 = 77^\circ 22' 40''$$

$$mm \text{ ant.} = 118^\circ 18' 50''$$

$$h^1 a''^{14} \text{ adj.} = 52^\circ 31'.$$

On en déduit :

$$\log a = 0,2345497$$

$$a = 1,71613$$

$$\log c = \overline{1,9188802}$$

$$c = 0,82962$$

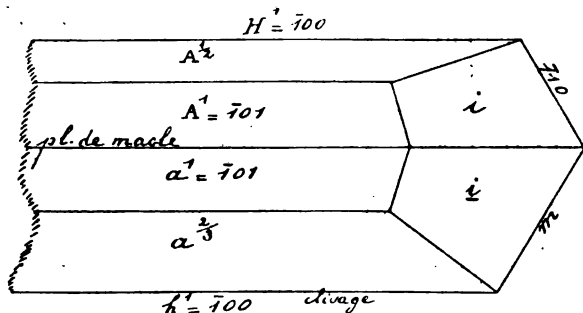
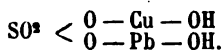


FIG. 1.

(*) Minéral clinorhombique, d'un beau bleu, dont la substance est un sulfate basique ayant pour formule



La forme i dont il s'agit paraît à première vue appartenir à la zone $(\bar{1}01) (\bar{1}10)$,

$$h + k + l = 0 \text{ (fig. 2),}$$

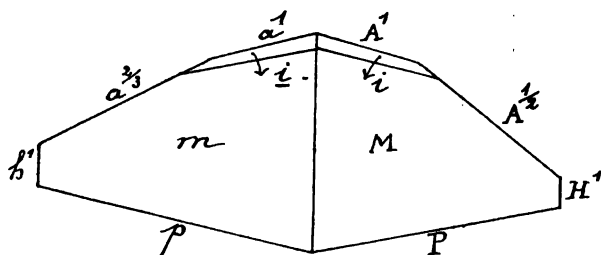


FIG. 2.

mais, en réalité, elle s'en écarte légèrement; ses faces sont médiocrement réfléchissantes. La moyenne d'un très grand nombre de mesures a donné :

$$\begin{aligned} (*) \quad i(\bar{1}00) &= 72^{\circ}15' & i(\bar{1}01) &= 8^{\circ}25' \\ (*) \quad i(\bar{1}10) &= 73^{\circ}41' & i(110) &= 92^{\circ} \text{ à } 93^{\circ}. \end{aligned}$$

En partant des incidences marquées par un astérisque, on obtient :

$$\frac{h}{k} = -5,9480 \qquad \frac{l}{k} = 5,3789.$$

En prenant

$$\frac{h}{k} = -6, \qquad \frac{l}{k} = 5,4,$$

on obtient

$$\bar{50}.5.27 = b^{1/25} b^{1/25} h^{1/27},$$

forme voisine de $\bar{28}.5.27$ renseignée dubitativement par Dana. Le tableau de correspondance qui suit donne les angles calculés en partant de ces deux notations ainsi que ceux relatifs à des notations simplifiées :

Angles calculés.

Avec	58.8.27	30.5.27	615	616	71.2.11	72.2.11	Meurées.
100	74°41'	72°0'50"	69°53'	74°57'	74°58',5	72°37'	72°18'
110	74°32',5	73°38'	—	—	—	74°41'	73°41'
110	90°54',5	91°53'	—	—	—	91°46',5	92° à 93°
101	8°27'	8°48'	—	—	—	8°31'	8°23'
	$b^{1155} b^{1155} h^{1157}$	$b^{1155} b^{1155} h^{1157}$	$b^{115} b^{115} h^{115}$	$b^{115} b^{115} h^{115}$	$b^{115} b^{115} h^{115}$	$b^{1155} b^{1155} h^{1155}$	

On voit que la notation relativement simple $\overline{12.2.11}$ donne une approximation satisfaisante.

*
* * *

MÉLINOSE. Forme 2.2.17 = $a^{17/3}$.

Nous orientons les cristaux de mélinose comme Des Cloizeaux, en prenant pour incidence de départ

$$b^{1/3} b^{2/3} \text{ sur } m = 48^\circ 19',$$

de manière que le quadroctaèdre dont l'arête culminante est de $73^\circ 20'$, et qui s'approche de l'octaèdre régulier, soit noté a^1 . Dana, dans le but de rapprocher les formes de la schéelite et de la mélinose, oriente ces dernières en notant $101 = b^1$ cet octaèdre presque régulier; nous pensons qu'il vaut mieux effectuer ce rapprochement en opérant en sens inverse, c'est-à-dire en orientant les cristaux de schéelite comme Des Cloizeaux oriente ceux de mélinose et de stolzite. On a, dans ce cas :

	$b^{1/3} b^{2/3} \text{ sur } m$	$a^1 a^1 \text{ sur } h^1$	$a^1 a^1 \text{ ar. culm.}$	c
Mélinose	* $48^\circ 19'$	$64^\circ 46'$	$73^\circ 20'$	1,11472
Stolzite.	* $48^\circ 35'$	$65^\circ 6'$	$73^\circ 40',5$	1,10781
Schéelite.	$49^\circ 34',5$	* $66^\circ 13'$	$72^\circ 38'$	1,08436

Toute forme notée hkl par Dana se transforme, dans l'orientation que nous adoptons, en

$$h + k . h - k . l.$$

Les cristaux qui nous ont présenté la nouvelle forme sont de grandes tables jaunes assez épaisses formées essentiellement d'un quadroctaèdre inverse a^m , à faces médiocrement réfléchissantes, modifié par des facettes $b^{1/2}$, $b^{1/4}$ et par la base parfaitement miroitante.

On a mesuré

$$pa^m = 10^\circ 41', \quad a^m a^m \text{ ar. culm.} = 14^\circ 41'.$$

Les quadroctaèdres inverses cités par Des Cloizeaux sont

$$a^{16}, a^{12}, a^8, a^{5/2}, a^3, a^{3/2}, a^1, a^{2/3};$$

notre octaèdre est compris entre a^{12} et a^3 : la première incidence conduit à $m = 8,5564$, la seconde à $m = 8,5797$; la notation 2.2.17 est satisfaisante comme l'indique le tableau qui suit :

Angles.	Calculés.						Mesurés.
	a^8	$a^{12/5}$	a^9	a^{10}	$a^{11/2}$	a^{11}	
Avec p	11°9'	10°30',5	9°56'	8°57'	8°32'	8°9',5	10°41'
Arête culm.	15°43'	14°49'	14°4'	12°38'	12°3'	11°31'	14°41'

*
* *

Les cristaux précédents m'ont été donnés comme provenant de Bleiberg (Carinthie); ils paraissent très semblables à d'autres qui proviennent d'Espagne; seulement, dans ces derniers, la base n'existe pas ou est absolument terne; en outre, les faces octaédriques ne peuvent fournir que des mesures peu exactes (*). On a obtenu

$$a^m a^m \text{ sur } p = 16^\circ 46',$$

(*) Il s'agit toujours de quadroctaèdres inverses, vu que le clivage $b^{1/2}$ s'y effectue diagonalement.

c'est-à-dire

$$pa''' = 8^{\circ}23'$$

et

$$a''' a''' \text{ ar. culm.} = 12^{\circ}10'.$$

Le tableau qui précède montre qu'il s'agit d'un quadroctaèdre compris entre a^{10} et a^{11} .

—

Recherches sur la polarisation produite par le passage du courant électrique dans la flamme; par Arthur Smedts, docteur en sciences physiques et mathématiques.

INTRODUCTION.

Depuis plus d'un siècle, on sait que la flamme du gaz d'éclairage, celles de l'hydrogène et d'autres gaz conduisent l'électricité.

Il y a là une analogie avec les électrolytes; afin de la compléter, il est intéressant de rechercher si la conductibilité électrique de la flamme, à l'instar de la conductibilité électrolytique, présente également des phénomènes de polarisation. C'est le but du présent travail.

Quelques auteurs se sont occupés de cette question, notamment Hittorf (*), Pringsheim (**) et T. Aurén (***).

(*) HITTORF, *Pogg. Ann.* Jubelband, 1874, p. 435.

(**) PRINGSHEIM, *Wiedem. Ann.*, t. LV, 1895, p. 507.

(***) AURÉN, *Ofvers. af Kongl. Vetensk. Akad. Forh.*, LVI, 1899, p. 583.

D'après Hittorf, il n'existe pas de phénomène de polarisation, vu que le courant alternatif passant au travers de la flamme donne une aussi grande déviation que si le courant allait toujours dans le même sens.

Remarquons toutefois qu'il n'a fait que citer cette expérience, sans donner aucun détail complémentaire.

Pringsheim a trouvé que dans les gaz chauffés à une température de 800° à 900°, le phénomène de polarisation se manifeste.

Peut-on conclure de là, par analogie, qu'il existe également dans la flamme? Il nous semble que non, les conditions dans lesquelles on se trouve étant très différentes dans les deux cas.

T. Aurén a recherché et étudié le phénomène dans la flamme.

A cet effet, il s'est servi comme électrodes de deux toiles métalliques minces en cuivre ou en laiton qu'il plaçait perpendiculairement au courant gazeux à une distance de 2 centimètres l'une de l'autre. Il a trouvé que le phénomène de polarisation se manifeste dans la flamme; que son intensité dépend en partie de celle du courant polarisant et de la durée pendant laquelle le courant primaire a été fermé; qu'enfin, l'intensité semble encore dépendre de la température et de la nature des électrodes.

Le fait que le phénomène est observable, suivant le même auteur, dix à vingt minutes après l'interruption du courant polarisant, semble prouver qu'il résulte d'une modification des électrodes.

Remarquons cependant que la position occupée par les électrodes peut donner lieu à des critiques sérieuses.

En effet, ces électrodes étant situées dans deux plans

horizontaux, distants de 2 centimètres, leur température diffère notablement.

De là doit résulter non seulement un courant thermique assez intense, mais également pour les électrodes une différence dans leur manière de se comporter.

En effet, nous savons que les métaux incandescents émettent des ions dont la nature est en relation intime avec la température du métal (*).

Comme nous venons de le montrer, les recherches faites sur le sujet qui nous occupe sont ou incomplètes ou faites dans de mauvaises conditions.

Pour ce motif, une conclusion définitive ne pouvant être tirée de ces travaux, nous avons cru utile de recommencer d'une façon plus précise et plus étendue l'étude de la polarisation dans les flammes.

Appareils et méthodes.

Nous savons qu'il existe deux espèces de phénomènes de polarisation : le premier provenant d'accumulations au voisinage des électrodes d'ions de même signe; le second résultant d'une modification des électrodes

Occupons-nous d'abord du premier phénomène.

1. — Méthode de renversement.

Considérons le dispositif dessiné figure 1.

Le commutateur central C est mis en mouvement par un moteur électrique, qui le renverse incessamment de gauche à droite et de droite à gauche.

(*) THOMSON, *Conduct. of electric. through Gases*, chap. VIII, p. 190.

Dans la position de droite (jonct. *pm*, *qn*), le courant de la batterie B traverse la flamme suivant *ee'*.

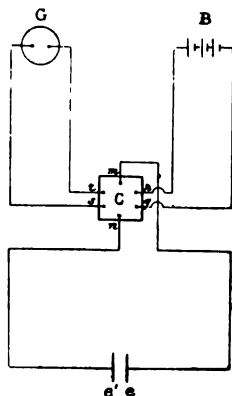


FIG. 1.

Dans la position de gauche (jonct. *rm*, *sn*), nous isolons les électrodes de la batterie B et nous les intercalons dans le circuit du galvanomètre G.

Si donc le phénomène de polarisation existe, un courant de sens *e'e* devra se manifester au galvanomètre.

Nous nous sommes servi, au cours de cette méthode, d'un galvanomètre Siemens du type Deprez-d'Arsonval de sensibilité telle qu'un courant de 4×10^{-11} ampères correspond à un déplacement d'un degré de l'échelle.

Les électrodes étaient faites de deux fils de Pt, plongeant dans la flamme à la même hauteur et placés à une distance de 1 centimètre.

Toute dissymétrie dans la position des électrodes dans la flamme a pour conséquence une différence de température des électrodes, d'où il résulte un courant électrique appelé courant thermique.

Nous avons eu soin, au cours de nos expériences, de réduire le plus possible la correction à faire de ce chef en donnant aux électrodes une position convenable.

Nous avons opéré avec différents voltages, de 1 à 190 volts, et avec quatre vitesses de renversement différentes. Nous avons d'abord fait fonctionner le commutateur C à la main, ensuite avec un moteur électrique donnant successivement 100 à 350 interruptions par minute. Finalement, nous avons employé un diapason interrupteur (*), dans le but d'obtenir une vitesse de renversement très rapide. Le tout est disposé de manière que si les branches du diapason s'écartent, les électrodes *ee'* sont mises en communication avec les pôles de la batterie B, et que lorsqu'elles se rapprochent, *ee'* sont reliées avec le galvanomètre G. Au moyen de ce diapason, nous avons pu atteindre une vitesse de renversement de 6,000 interruptions par minute.

Dans le cas des électrolytes, le phénomène de polarisation est observable même avec une faible vitesse de renversement; le cas qui nous occupe est tout différent du précédent.

En effet, dans la flamme, la mobilité des ions étant très grande, le phénomène de polarisation, conséquence d'une différence de concentration des ions aux électrodes, aura une tendance à disparaître très rapidement, et cela d'autant plus que le mouvement gazeux ascendant de la flamme balaie en quelque sorte continuellement les ions accumulés aux électrodes.

C'est pour ces motifs que nous avons jugé utile d'opérer

(*) LE BLANC, *Zeitschrift für phys. Chem.*, t. XII, p. 333.

avec des vitesses de renversement croissantes et finalement très rapides, de manière à opérer assez vite pour ne pas laisser aux différences de concentration le temps de disparaître.

RECHERCHES DANS LA FLAMME PURE ET LA FLAMME CHARGÉE DE SEL.

Nous avons fait successivement des recherches dans la flamme pure et la flamme chargée de sel.

Dans le premier cas, nous nous sommes servi d'un simple bec Bunsen ; dans le second cas, d'un bec Bunsen de construction appropriée à l'introduction de sel. Celui-ci a été injecté dans la flamme au moyen d'un pulvérisateur analogue à celui employé par Gouy (*).

Voici quels sont les résultats auxquels nous sommes arrivé :

1° Avec un renversement fait à la main et en employant différents voltages, nous ne constatons rien ;

2° Avec les trois autres vitesses de renversement, nous observons que tant que les voltages sont relativement bas, aucun courant ne se manifeste au galvanomètre.

Cependant, à partir d'une certaine différence de potentiel, qui est :

13 volts avec	100 interruptions	}	pour la flamme pure,
3 —	6,000 —		
85 volts avec	100 interruptions	}	pour la flamme chargée de sel,
22 —	6,000 —		

(*) GOUY, *Ann. de chimie et de physique*, t. XVIII, 1880, p. 23.

une certaine déviation commence à se manifester au galvanomètre. Cette déviation semble augmenter proportionnellement au voltage employé et est précisément dans le sens voulu. De plus, le sens du courant observé au galvanomètre change avec le sens du courant polarisant.

Cette déviation est-elle réellement due à un phénomène de polarisation? C'est ce que nous nous proposons d'examiner.

Pour fixer les idées, désignons par Q la quantité d'électricité accumulée dans le circuit et les électrodes au moment de l'interruption; par q la quantité d'électricité que la flamme, par suite de sa conductibilité, peut transporter par unité de temps.

Si donc nous désignons par t la durée d'une interruption, c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre le moment où nous isolons les électrodes de la batterie B et celui où nous les intercalons dans le circuit du galvanomètre, la quantité d'électricité transportée par la flamme au bout de ce temps sera qt .

La différence $Q - qt = Q'$ représentera donc la quantité d'électricité non écoulée par la flamme au bout du temps t .

$$\text{Or } q = i = ne(u + v).$$

n = nombre d'ions.

e = charge d'un ion.

u et v = les vitesses respectives des ions positifs et négatifs.

$$\text{De sorte que } Q' = Q - ne(u + v)t.$$

Cette relation nous montre que :

a) Plus t est petit, plus Q' est grand, c'est-à-dire plus

la durée d'interruption est petite, plus la quantité d'électricité non transportée par la flamme est grande;

b) Plus n est grand, plus Q' est petit.

Quant à la variation de Q' avec Q , nous ne pouvons rien conclure, car si Q augmente, ce qui a lieu si la force électro-motrice croît, $u + v$ augmente également.

Les chiffres donnés plus haut sont tout à fait conformes à cette manière de voir, vu que la déviation se manifeste le plus rapidement avec la vitesse d'interruption maxima et moins vite dans la flamme chargée de sel que dans la flamme pure, parce que n est plus grand dans le premier cas que dans le second.

Nous avons donc été amené ainsi à penser que la déviation observée peut être la conséquence de la décharge dans le galvanomètre de la quantité d'électricité Q' non transportée par la flamme, c'est-à-dire restée dans le circuit et les électrodes.

Afin de vérifier cette hypothèse et de déterminer si la déviation observée plus haut est due à une décharge électrostatique du circuit dans le galvanomètre ou bien à un phénomène de polarisation, nous avons remplacé la flamme par une résistance de même ordre de grandeur, mais non polarisable.

A cet effet, nous avons employé un tube en verre de 1 centimètre de diamètre et d'une longueur d'environ 40 centimètres, rempli soit d'un mélange de graphite et de SrCO_3 , soit simplement de graphite, selon qu'il s'agissait de la flamme pure ou de la flamme chargée de sel.

A la partie inférieure est soudé un fil de cuivre amalgamé, et dans ce tube plonge un autre fil de cuivre que l'on peut déplacer à volonté.

Comme la résistance de la flamme n'est pas la même aux différents voltages et qu'à partir d'un certain moment la conductibilité croît moins rapidement que la différence de potentiel, nous avons préparé une résistance de même ordre que la flamme pour chaque voltage.

En opérant avec ces résistances comme dans le cas de la flamme, nous avons trouvé exactement la même déviation que précédemment. Ce résultat nous montre que le phénomène de polarisation ne se manifeste pas plus dans la flamme pure que dans la flamme salée.

Le remplacement des fils de platine par des plaques de platine de 2 centimètres de long sur 3 centimètres de large et placées parallèlement nous a donné le même résultat.

2. — Méthode du courant alternatif.

La comparaison de l'intensité du courant continu et du courant alternatif traversant la flamme dans les mêmes conditions permet également de déceler l'existence du phénomène de polarisation.

En effet, si la flamme est traversée, non pas par un courant continu, mais par un courant alternatif de fréquence très grande, le phénomène de polarisation est atténué.

De ce chef, on doit, si la polarisation existe, observer au galvanomètre un accroissement dans la déviation. Les fils servant d'électrodes restent disposés comme précédemment.

Considérons le dispositif représenté par la figure schématique 2.

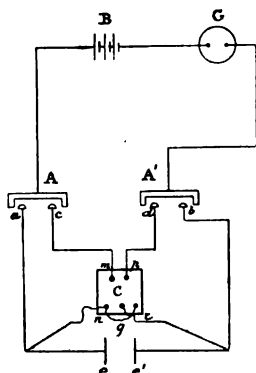


FIG. 2.

B, batterie; G, galvanomètre;

A et A', plaques fixées aux branches du diapason interrupteur et isolées de celui-ci;

a, b, c, d, godets renfermant du Hg;

e, e', électrodes;

C, commutateur pouvant prendre les deux positions

$$\left. \begin{array}{ll} (1) & mn, pq \\ (2) & mq, pr \end{array} \right\} n \text{ et } r \text{ étant reliés.}$$

Cette figure nous montre C occupant la position 1, telle que, si nous faisons vibrer le diapason, le courant passe toujours dans le même sens (ee') au travers de la flamme, soit que le diapason s'ouvre ou se ferme.

Dans la position 2, le courant, si le diapason se ferme, passe dans le sens $e'e$; s'il s'ouvre, dans le sens ee' . Ce diapason donnant 6,000 interruptions par minute, on se

trouve dans d'excellentes conditions pour déceler le phénomène de polarisation, s'il existe.

Nous nous sommes servi pour cette méthode successivement de trois voltages différents : 15, 85 et 190 volts.

La comparaison des déviations obtenues, le commutateur C occupant successivement les positions 1 et 2, nous conduit aux résultats suivants :

Avec un voltage de 15 volts, on remarque un accroissement très faible avec la flamme pure, mais pas d'augmentation avec la flamme chargée de sel.

Avec le voltage maximum, nous atteignons un accroissement de 20 millimètres pour la flamme pure et de 8 millimètres pour la flamme salée.

Le fait que l'accroissement est plus faible dans le cas de la flamme chargée de sel que dans le cas de la flamme pure, nous a porté à croire que cette augmentation serait due, comme précédemment, à la décharge dans le galvanomètre d'une certaine quantité d'électricité résiduelle accumulée dans les fils et les électrodes, non transportée par la flamme.

A première vue, une objection se présente à l'esprit : la décharge ayant lieu dans les deux positions occupées par le commutateur C, il n'y a pas lieu d'en tenir compte.

C'est là une erreur ; en effet, si l'on examine attentivement la figure 2, on remarque que le commutateur C occupant la position 1, cette décharge ne peut s'ajouter à la déviation observée au galvanomètre ; tandis que dans la position 2, elle peut accroître la déviation.

Ces raisonnements sont confirmés par l'expérience suivante : Si nous substituons à la flamme une résistance de même ordre, mais non polarisable, et que nous

opérations comme précédemment, nous trouvons la même augmentation.

Nous obtenons encore le même résultat en employant, au lieu du diapason interrupteur, un moteur électrique donnant successivement 100 et 350 interruptions par minute.

Conclusion.

Le phénomène de polarisation provenant d'accumulations d'ions de même signe au voisinage d'électrodes ne se manifeste pas dans la flamme.

Étant donné le soin avec lequel nous avons fait les recherches et les conditions favorables dans lesquelles nous avons opéré, nous devons conclure que le phénomène n'existe pas.

Nous nous proposons de rechercher la cause de ce résultat négatif.

SECONDE SÉRIE D'EXPÉRIENCES.

Si l'on analyse les phénomènes qui se passent dans la flamme, on trouvera qu'il peut y avoir plusieurs causes capables d'empêcher le phénomène de polarisation de se produire.

Nous avons expliqué comment le *mouvement gazeux ascendant* de la flamme peut, en balayant continuellement les ions accumulés aux électrodes, empêcher la polarisation de se produire.

Notons que la vitesse de ce courant gazeux est assez considérable. C'est ainsi que Wilson (*), se trouvant dans

(*) WILSON, *Phil. Trans.*, A, 1899, p. 499.

des conditions analogues, a noté pour cette vitesse une valeur de 206 centimètres par seconde.

D'autre part, l'*incandescence des électrodes* peut également être une cause perturbatrice du phénomène de polarisation. Nous savons, en effet, que cette incandescence produit une forte ionisation dans le voisinage des électrodes (*).

Afin de procéder avec ordre, cherchons à vérifier si réellement le courant gazeux exerce une influence.

Reprenons le dispositif dessiné figure 1. Les électrodes *ee'* sont alternativement mises en communication avec la batterie B et le galvanomètre G.

Comme électrodes, nous nous sommes encore servi de deux fils de platine distants de 2 centimètres et plongeant également et à la même hauteur dans la flamme.

Afin de diminuer l'intensité du courant gazeux, nous avons placé d'abord au-dessus des électrodes, à une distance d'environ 2 centimètres, une plaque en tôle. Ensuite, en dessous des fils de platine, à une distance d'environ 3 centimètres, une toile métallique à mailles assez larges.

Finalement, nous avons combiné les deux dispositifs précédents.

Nous avons, au cours de ces trois expériences, opéré sous différents voltages et avec quatre vitesses de renversement différentes, d'abord dans la flamme pure, ensuite dans la flamme chargée de sel. De plus, nous avons recommencé les mêmes expériences, mais en employant cette fois-ci comme électrodes deux plaques en platine.

(*) THOMSON, *loc. cit.*, chap. VIII, p. 156.

Malgré les précautions prises pour diminuer la vitesse du courant gazeux, ces expériences nous conduisent encore à un résultat négatif.

Remarquons toutefois que la suppression du courant gazeux n'a pas été complète.

Avant de conclure définitivement, nous avons encore fait l'expérience suivante, qui peut nous servir d'élément de comparaison.

Le phénomène de polarisation ayant été observé et étudié dans les solutions électrolytiques, il nous a semblé intéressant de rechercher quelle influence un déplacement assez rapide du liquide pourrait exercer sur le phénomène en question. A cet effet, nous nous sommes servi comme électrodes de deux fils de platine *a* et *b* placés dans un même plan horizontal et distants de 1 centimètre.

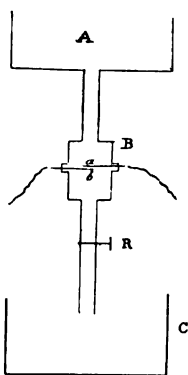


FIG. 3.

Ils aboutissent à l'intérieur du tube B renfermant, ainsi que le réservoir A avec lequel il est en communication, l'électrolyte (HCl dilué). Le robinet R permet de

laisser écouler le liquide. Le tout est représenté schématiquement figure 3. Nous observons d'abord l'intensité du phénomène de polarisation dans la solution électrolytique avec une vitesse de renversement déterminée, le robinet R étant fermé. Ensuite, nous ouvrons brusquement le robinet, le moteur conservant la même vitesse. De ce chef, la colonne liquide contenue dans B va acquérir une certaine vitesse de déplacement, approximativement 6 centimètres par seconde.

Voici quels sont les résultats auxquels cette expérience nous a conduit :

L'électrolyte étant au repos, c'est-à-dire R étant fermé, nous observons avec un certain voltage une déviation de 187 millimètres due à la polarisation.

Si maintenant nous ouvrons le robinet, nous observons que la déviation diminue d'environ 15 à 20 millimètres. Cette expérience, que nous avons répétée plusieurs fois, nous montre donc que le mouvement de la colonne liquide a une certaine influence sur le phénomène de polarisation. Or, remarquons que pour le cas de la flamme, la vitesse du courant gazeux est notablement supérieure : elle est approximativement de 206 centimètres par seconde.

Nous pouvons donc, en quelque sorte, par analogie, étendre le résultat de l'expérience précédente au cas de la flamme et conclure que le courant gazeux peut être la cause pour laquelle le phénomène de polarisation ne se produit pas.

Occupons-nous maintenant de la seconde cause perturbatrice possible, c'est-à-dire l'incandescence des électrodes.

Nous avons repris le dispositif représenté figure 1, mais les deux fils de platine ont été remplacés par deux tiges identiques en fer de 9 millimètres d'épais-

seur. Nous les avons disposées de telle façon qu'elles touchent seulement les bords de la flamme. Les électrodes dans ce cas sont très faiblement incandescentes (aspect noir); néanmoins, si nous les intercalons dans un circuit renfermant un galvanomètre et une pile, nous constatons encore une conductibilité assez notable. Malgré les différents voltages et vitesses de renversement employés, nous arrivons toujours à la même conclusion : que le phénomène de polarisation ne se manifeste ni dans la flamme pure, ni dans la flamme chargée de sel, bien entendu en tenant compte des corrections à faire du chef du courant thermique et de la décharge électrostatique.

En vue d'éviter le contact de la flamme chargée de sel avec les électrodes, contact qui engendre une très forte ionisation dans leur voisinage, nous avons encore expérimenté au moyen de trois flammes : une centrale, chargée de sel, en contact avec deux flammes latérales pures dans lesquelles plongent les électrodes de platine.

Dans ces conditions, nous n'avons pas non plus constaté de polarisation.

D'autre part, l'expérience faite plus haut, consistant à mettre une toile métallique en dessous des électrodes, nous montre encore que l'incandescence ne semble pas avoir d'influence sur le phénomène que nous recherchons. En effet, de la présence de cette toile métallique résulte une diminution notable dans l'incandescence des fils de platine.

Nous pouvons donc conclure que le courant gazeux ascendant peut être une des causes pour lesquelles le phénomène de polarisation ne se produit pas.

Le degré d'incandescence des électrodes et l'ionisation qui en est la conséquence semblent ne pas avoir d'influence.

Phénomène de polarisation provenant d'une modification des électrodes sous l'influence du courant électrique.

Ce phénomène diffère notablement de celui provenant de la différence de concentration d'ions aux électrodes, tandis que, pour ce dernier, si l'on considère le dispositif figure 1, il est avantageux d'effectuer un renversement rapide du commutateur C; pour le phénomène qui nous occupe, au contraire, vu qu'il résulte d'une modification des électrodes sous l'influence du courant électrique, il est préférable de polariser pendant un temps relativement long.

De plus, la nature du métal des électrodes joue dans ce cas un rôle important.

Nous avons repris le dispositif dessiné figure 1, permettant de mettre alternativement les électrodes *ae'* en communication avec la batterie B et le galvanomètre G, le renversement du commutateur C s'effectuant à la main.

Comme électrodes, nous avons employé successivement des tiges en Pt, en Cu et en Fe; ensuite, deux lames en Cu placées dans les mêmes conditions, c'est-à-dire parallèlement et à la même hauteur.

Finalement, en vue de vérifier les résultats obtenus par Aurén (*), nous avons encore expérimenté au moyen de deux toiles métalliques en Fe, à mailles assez larges, placées perpendiculairement au courant gazeux et

(*) AURÉN, *loc. cit.*, t. LVI, p. 583.

distantes de 2 centimètres. Pour ces diverses expériences, nous avons opéré sous différents voltages dans la flamme pure et la flamme chargée de sel; de plus, nous avons lancé le courant polarisant à travers la flamme pendant des intervalles de temps atteignant vingt minutes.

Néanmoins, malgré toutes les précautions prises, nous n'avons pu déceler aucune trace de polarisation.

On peut se demander si l'existence du courant gazeux ascendant de la flamme n'est pas la cause de ce résultat négatif.

Partant de l'analogie existant entre les électrolytes et les gaz, l'expérience suivante pourra peut-être nous donner quelque renseignement à ce sujet.

Nous avons repris le dispositif représenté figure 3.

Dans le tube B, contenant comme électrolyte de l'HCl dilué, nous avons successivement remplacé les électrodes de Pt par des tiges en Cu et en Pb.

L'électrolyte étant au repos, c'est-à-dire R étant fermé, nous observons, après y avoir lancé le courant polarisant pendant un certain temps et avoir mis ensuite les électrodes dans le circuit du galvanomètre, une déviation due à la polarisation.

Si, après, nous ouvrons le robinet R et que nous opérions comme précédemment, nous n'observons plus qu'une déviation à peu près égale à la moitié de la précédente, la vitesse du déplacement du liquide étant approximativement de 6 centimètres par seconde.

De plus, tandis que, lorsque l'électrolyte est au repos, la déviation observée diminue lentement, dans l'autre cas, cette décroissance est rapide.

Cette expérience nous montre que le mouvement de la colonne liquide diminue non seulement la durée pendant

laquelle le phénomène se manifeste, mais également son intensité, et cela d'une façon assez sensible.

Ce résultat semble donc indiquer que, pour la flamme, nous aurons peut-être intérêt à nous mettre dans des conditions telles que le courant gazeux ascendant y soit atténué le plus possible.

A cet effet, considérons l'expérience suivante, représentée figure 4.

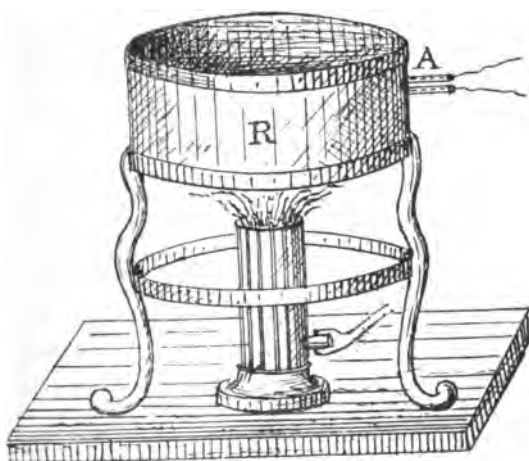


FIG. 4.

Au-dessus de la flamme d'un faisceau de becs Bunsen, nous avons placé un récipient cylindrique R en grès réfractaire. En A est pratiquée une ouverture circulaire permettant d'introduire les deux électrodes en Pt (ee'), isolées au moyen de tuyaux de pipe en terre qui, à leur tour, sont séparés par de l'amiante.

L'isolement des électrodes a été d'ailleurs vérifié au moyen d'une expérience préalable.

Les électrodes sont placées horizontalement, à la même hauteur, à une distance de 1^{er}8 l'une de l'autre et assez près du fond du récipient.

La flamme pénètre par la partie inférieure, mais les gaz, ne pouvant s'échapper par en haut, doivent sortir par en bas; il y a en quelque sorte compensation entre le mouvement ascendant et descendant, et les électrodes se trouvent dans une atmosphère relativement calme, mais très chaude.

En reprenant les connexions représentées figure 1, nous avons observé nettement un courant qui semble jouir des mêmes propriétés qu'un courant de polarisation.

Il est assez intense et dans le sens voulu; il n'est pas dû à une décharge électrostatique des électrodes dans le galvanomètre, car la durée pendant laquelle il se manifeste est assez notable et dépend du temps pendant lequel le courant polarisant a été fermé. Ainsi, par exemple, après une fermeture de vingt minutes du courant polarisant, l'aiguille du galvanomètre met environ douze minutes pour revenir à sa position initiale.

Cette expérience, où l'intensité du courant gazeux ascendant de la flamme est notablement réduite, nous porterait donc à conclure que ce courant gazeux est réellement une cause perturbatrice du phénomène de polarisation.

Il est pourtant à remarquer que les conditions de la dernière expérience ne sont pas du tout les mêmes que celles où l'on se trouvait au cours des recherches antérieures.

Tandis que l'intensité du courant gazeux ascendant est plus faible dans le voisinage des électrodes, leur température au contraire est beaucoup plus élevée.

On peut donc se demander si la température ne joue pas un rôle prépondérant.

C'est en vue de vérifier l'exactitude de cette manière de penser que nous avons étudié le phénomène sous toutes ses faces.

1° Durée d'établissement du phénomène.

Fermions le circuit des électrodes *ee'* pendant cinq secondes sur la batterie B, puis renversons le commutateur. Nous observons une déviation de l'aiguille au galvanomètre. Après avoir dépolarisé le milieu, fermons le commutateur sur la batterie B pendant dix, vingt... secondes. Les déviations observées étant portées en ordonnées et les durées correspondantes en abscisses, nous obtenons le diagramme figure 3.

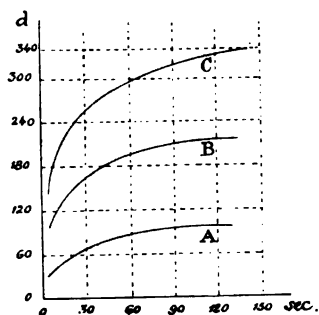


FIG. 3.

La courbe A correspond à la déviation observée sous 5 volts, B sous 20 volts, C sous 50 volts.

La déviation croît donc d'abord assez rapidement pour atteindre une valeur voisine du maximum et croître ensuite très lentement.

2° Influence du voltage.

Le diagramme précédent nous montre également que l'intensité du phénomène augmente notablement avec le voltage.

3° Influence de la nature des électrodes.

La nature des électrodes exerce une influence, comme le montre le diagramme figure 6.

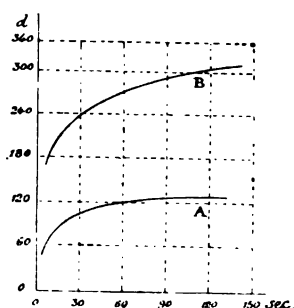


FIG. 6.

La courbe A correspond aux observations faites avec des électrodes en fer ; B à celles faites avec des électrodes en Pt.

Nous voyons donc que le phénomène est le plus intense dans le dernier cas.

Nous avons encore opéré avec des électrodes en Cu, seulement, comme la température est assez élevée, des tiges minces fondent, et nous avons été obligé de prendre des tiges d'une épaisseur plus grande que dans les deux premiers cas.

Les expériences faites avec le cuivre conduisent au même résultat que précédemment, au point de vue de l'intensité du phénomène.

4° *Influence de la température des électrodes.*

En modifiant la hauteur de la flamme du faisceau de becs Bunsen, on peut faire varier la température.

En observant ainsi pour deux températures différentes et en employant une force électro-motrice de 20 volts, nous obtenons le diagramme figure 7.

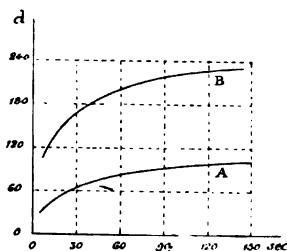


FIG. 7.

La courbe A correspond à la température inférieure, et la courbe B à la température supérieure.

Il en résulte donc que la température a une grande influence sur le phénomène en question.

5° *Influence de la présence d'un sel dans la flamme.*

Nous avons fait des recherches successivement avec des électrodes en Pt, Cu et Fe, et avec différents sels, notamment NaCl, KCl, NH_4Cl , CaCl_2 et I.

Du fait de l'introduction de ces sels, il résultait une augmentation considérable de la conductibilité électrique, mais l'étude comparative des résultats obtenus dans la flamme pure et la flamme chargée de sel nous montre, contrairement à nos prévisions, que la présence d'un sel dans la flamme n'exerce aucune influence sur la grandeur du courant de polarisation.

Le fait que l'introduction d'un sel ne modifie pas l'intensité du phénomène, tandis que la nature des électrodes, la durée de fermeture du circuit, et surtout la température et le voltage exercent une influence considérable, nous porte à croire que la déviation observée n'est pas due à un phénomène de polarisation proprement dit, puisqu'elle est la même dans la flamme pure et la flamme chargée de sel, mais qu'elle est simplement la conséquence d'une modification des électrodes, non pas d'une modification chimique résultant de l'attaque des électrodes par les particules qui transportent l'électricité, mais plutôt d'une sorte de modification physique, engendrant une variation de leur potentiel et due à l'action combinée d'une haute température et du fait que l'une des électrodes a été électrisée positivement et l'autre négativement.

C'est en vue de vérifier cette hypothèse que nous avons fait l'expérience suivante :

Considérons le dispositif dessiné dans la figure 8, où

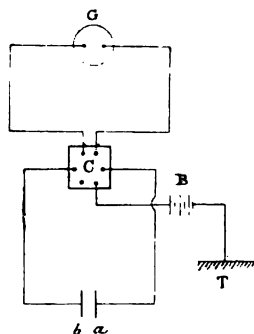


FIG. 8.

a et *b* sont les deux électrodes de Pt, placées comme dans le cas de l'expérience représentée figure 4.

Si on les intercale dans le circuit d'un galvanomètre, nous constatons une faible déviation de l'aiguille due au courant thermique. Mettons pendant quelque temps *a* en communication avec le pôle négatif d'une batterie, l'autre pôle au sol, et isolons *b*.

Si alors, après avoir détaché *a* du pôle négatif, nous relions de nouveau les électrodes *a* et *b* aux deux bornes du galvanomètre, nous remarquons une déviation assez intense et qui diminue très lentement.

Cette déviation ne peut provenir d'une polarisation proprement dite, car *b* étant isolé, on n'a pas lancé de courant polarisant à travers la flamme.

Il n'y a donc que l'explication suivante possible : le fil *a* ayant été électrisé négativement pendant que le fil *b* était isolé, s'est modifié sous l'action de cette charge négative. De cette modification résulte une différence de potentiel entre les électrodes et, par suite, une déviation de l'aiguille du galvanomètre, si nous relions ses deux bornes aux fils *a* et *b*.

Nous arrivons encore à un résultat analogue si nous mettons *a* en communication avec le pôle positif, l'autre pôle au sol et si nous isolons *b*. Seulement la déviation est en sens contraire, et un peu moins grande que précédemment.

Si l'on tient compte des résultats auxquels ont conduit les recherches sur l'ionisation produite par les solides incandescents, on peut encore donner du phénomène étudié plus haut l'explication théorique suivante :

Les deux électrodes, étant à une température très élevée, émettent des ions négatifs, et comme on électrise pendant quelque temps l'un des fils positivement et l'autre négativement, il n'est pas impossible que le dernier, sous l'influence

de cette charge négative, émette plus d'ions négatifs que l'autre et reste finalement à un potentiel positif par rapport à cet autre.

On serait tenté, à première vue, d'établir une certaine analogie entre ce phénomène et celui observé par Elster et Geitel (*), et qui est le suivant : un fil, exposé à l'air et électrisé négativement, acquiert la propriété d'ioniser le milieu ambiant et conserve cette propriété pendant un temps relativement long; ce phénomène ne se produit pas si le fil reçoit une charge positive.

Remarquons cependant que les conditions où ces auteurs se sont placés sont toutes différentes des nôtres, car ils ont opéré simplement à l'air, tandis que, dans notre cas, le fil plonge dans la flamme et est fortement incandescent. De plus, ce phénomène a été attribué à la condensation de matières radio-actives.

Il est peu probable que le phénomène que nous avons observé puisse être attribué à la même cause.

CONCLUSIONS.

1. Le phénomène de polarisation provenant d'accumulations d'ions de même signe aux électrodes, et celui résultant d'une modification des électrodes, n'existent ni dans la flamme pure ni dans la flamme chargée de sel.

2. Si les électrodes sont fortement incandescentes, il se manifeste un phénomène, présentant beaucoup d'analogie avec une polarisation.

(*) ELSTER et GEITEL, *Physik. Zeitschr.*, t. III, p. 76, 1901.

Ce n'est pourtant pas un phénomène de polarisation proprement dit, car il est le même dans la flamme pure et dans la flamme chargée de sel; le milieu ambiant est donc sans influence.

Il résulte d'une modification physique des électrodes, provenant d'une action combinée de la haute température et du voltage.

Ce travail a été exécuté au laboratoire de physique de l'Université de Louvain.

Nous nous faisons un devoir d'exprimer à notre savant et dévoué maître, M. le Prof^r Alexandre de Hemptinne, toute notre reconnaissance et tous nos remerciements pour les bienveillants et utiles conseils qu'il nous a donnés au cours de nos recherches.

—

Solubilité de quelques sels dans le glycol (deuxième note) (1);
par W. Oechsner de Coninck.

<i>Gypse</i>	-	Le glycol n'en dissout que des traces.
<i>Sulfate de manganèse</i>	K = 0.5 %.	
<i>Chlorate de potassium</i> . . .	K = 0.9 %.	
<i>Carbonate de sodium</i>	K = 3.28 % à 3.40 %.	
<i>Chlorure de nickel</i>	K = 16.1 % à 16.3 %.	
<i>Sulfate de nickel</i>	K = 9.6 % à 9.8 %.	
<i>Azotate de nickel</i>	K = 7.5 %.	
<i>Chlorure de cobalt</i>	K = 10.6 % à 10.8 %.	
<i>Sulfate de cobalt</i>	K = 3 % à 3.2 %.	
<i>Azotate de cobalt</i>	K = 8 % (moyenne).	
<i>Sulfate d'aluminium pur.</i> . .	K = 14.4 % (moyenne).	
<i>Sulfate ferreux</i>	K = 6 % (moyenne).	

(1) Institut de chimie, Université de Montpellier.

—

Action de la lumière sur la solution de sulfate uranique dans le glycol (1); par W. Oechsner de Coninck.

Du sulfate uranique est dissous dans une petite quantité d'eau; on ajoute un fort excès de glycol; le tout est placé dans un petit matras, puis exposé au soleil. Au bout de deux heures, le liquide est entièrement vert; au bout de deux heures trente minutes, le sulfate uraneux se précipite abondamment. Si l'on répète cette expérience en remplaçant le glycol par la glycérine, on n'observe aucun changement de coloration, si ce n'est un léger verdissement, et aucune précipitation, même au bout de quinze mois. Cette réaction peut servir à distinguer le glycol d'avec la glycérine.

(1) Institut de chimie, Université de Montpellier.



OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Philippson (M.). L'autonomie et la centralisation dans le système nerveux des animaux. Étude de physiologie expérimentale et comparée. Bruxelles, 1905; in-8° (210 p., pl.).

Ertborn (le baron Oct. van). Les sondages houillers en Campine. Étude critique et rectificative au sujet des interprétations données jusqu'ici aux coupes des morts-terrains tertiaires et quaternaires. Bruxelles, 1905; extr. in-8° (114 p. et 4 pl.).

Marchal (Ém.). Inauguration du médaillon d'Émile Laurent à l'Institut de Gembloux, 7 mai 1905. Gand, 1905; in-8° (16 p.).

BRUXELLES. *Société belge de géologie*. Bulletin, tome XVIII, 1904.

— *Jardin botanique de l'État*. Tableau de l'école de botanique systématique. In-8° (22 p.).

— Notice sur la serre des plantes grasses. 1905; in-8° (31 p.).

— Notice sur les collections éthologiques. 1904; in-8° (69 p.).

— Notice sur la collection phylogénique. 1905; in-8° (27 p.).

Haeckel (Ernst). Der Kampf um den Entwicklungs-Gedanken. Drei Forträge, gehalten im Saale der Sing-Akademie zu Berlin. Berlin, 1905; in-8° (18 p., pl. et portrait de l'auteur).

BERLIN. *Carte géologique internationale de l'Europe*. 3^e livraison, feuilles 43-47.

VIENNE. K. K. *Central-Anstalt für Meteorologie. Jahrbücher*, 1903.

— *Verein für Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse*. Schriften, Bd XLII-XLV, 1901-1903.

West Point. *U. S. military Academy*. The centennial, 1802-1902, vol. I and II. Washington, 1904; 2 vol. in-8°.

Villarello (Juan D.). Estudio químico del procedimiento metalurgico conocido con los nombres de amalgamacion Mexicana o beneficio de patis, 1^a y 2^a parte. Mexico, 1904; 2 br. in-8° (50 et 114 p.)

Oechsner de Coninck. Contribution à l'étude des acides organiques et des composés amidés et imidés, fasc. 1^{er}. Montpellier, 1903; in-8°.

Sabatier (Paul) et Senderens (J.-B.). Nouvelles méthodes générales d'hydrogénation et de dédoublement moléculaire basées sur l'emploi des métaux divisés. Paris, 1903; in-8° (172 p.).

PARIS. *Comité international des poids et mesures*. Procès-verbaux des séances, t. III. 1903.

Lockyer (Sir Norman). On the observations of stars made in some british stone circles. Londres, 1903; extr. in-8° (4 p.).

— Further researches on the temperature classification of stars, n^o 2. Londres, 1903; in-8° (8 p. et 1 pl.).

LONDRES. *South Kensington Observatory*. Mean annual variations of barometric pressure and rainfall in certain regions. 1903; in-4°.

LIVERPOOL. *Observatory*. Report for 1904.

Borredon (G.). *Excelsior ovvero l'astronomica ridatta alla sua semplice espressione*. Pozzuoli, 1903; in-8° (42 p.).

TURIN. *R. Accademia d'agricoltura*. Annali, 1904.

MODÈNE. *R. Accademia di scienze, lettere ed arti*. Memorie, vol. IV. 1904; in-4°.

PORTICI. *Regia scuola di agricoltura*. Annali, vol. II-V, 1901-1904.

LUCQUES. *Reale Accademia di scienze, lettere ed arti*. Atti, tomi XXXI e XXXII, 1902-1904.

HARLEM. *Société hollandaise des sciences*. Œuvres complètes de Christiaan Huygens, t. X. La Haye, 1903; in-4°.

CHRISTIANIA. *Videnskabs-selskabet*. Forhandlinger, 1904. Skrifter, 1904.

MADRID. *Observatorio astronomico*. Instrucciones para observar el eclipse total del Sol de 1903. Madrid, 1903; in-8° (52 p.).

— *Instituto geografico y estadistica*. Coordinados geograficos de puntos comprendidos en la zona de la totalidad del eclipse de Sol de 30 de agosto de 1903; in-8°.

— Memorias, tomo XIII, 1904.

COPENHAGUE. *Conseil pour l'exploration de la mer*. Bulletin, n° 2, novembre 1904; in-4°.

— Publications n° 22 : Notes biologiques sur les Copépodes de la mer norvégienne (D. Damas). 1905; n° 23. On the use of insulated water-bottles and reversing thermometers (W. Ekman). 1905.



ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1905. — N° 8

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 5 août 1905.

M. P. DE HEEN, directeur.

M. le chevalier EDM. MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Plateau, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, A. Lancaster, A. Jorissen, P. Francotte, M^{ce} Delacre, *membres* ; Ch.-J. de la Vallée Poussin, Aug. Lameere, F. Swarts, Th. Durand, J. Massart, *correspondants*.

MM. Lagrange et Pelseneer écrivent pour motiver leur absence.

En ouvrant la séance, M. le Directeur, devant l'assemblée debout, notifie officiellement la mort de M. Léo Errera, décédé inopinément à Uccle, le 1^{er} de ce mois; les funérailles ont eu lieu le 4 suivant.

Il rend, en termes émus, un solennel hommage à la mémoire du bien-aimé confrère que la Classe s'honorait de compter dans ses rangs.

Il regrette qu'une circonstance imprévue l'ait empêché d'assister aux funérailles, pour prononcer le discours d'usage. Il remercie M. le Secrétaire perpétuel, qui a bien voulu se charger de ce soin; le discours de M. Marchal paraîtra au *Bulletin*.

M. le Secrétaire perpétuel fait savoir qu'en exécution des désirs du regretté défunt, l'Académie royale de Belgique sera mise en possession d'une somme de 25,000 francs, en rente belge 5 %, libres de tout droit, afin qu'elle en emploie les revenus pour la création d'un prix triennal de biologie générale; sur ces revenus, une somme de 300 à 500 francs servirait à indemniser les membres du jury chargés par la Classe des sciences de lui proposer le ou les lauréats pour le prix.

M. le Secrétaire perpétuel, en adressant à M^{me} Léo Errera les condoléances de l'Académie, lui exprimera en même temps toute la gratitude de celle-ci pour la magnifique libéralité dont elle est l'objet.

— M. le Secrétaire perpétuel, en présentant à la Classe le rapport qui avait été demandé à M. Léo Errera sur sa participation au Congrès international de bota-

nique de Vienne, appelle l'attention sur le paragraphe final de ce document :

« A la suite de l'excursion en Bosnie-Herzégovine qui avait précédé le Congrès, l'assemblée plénière a émis le vœu de voir le gouvernement austro-hongrois créer dans ce pays, à l'exemple de ce qui a été fait aux États-Unis, en Danemark, etc., quelques « réserves » où les intéressantes forêts vierges qui y existent encore soient conservées intactes, à l'abri des modifications et des défrichements.

» Qu'il soit permis, en terminant, d'exprimer pour la Belgique un vœu semblable. Beaucoup de questions biologiques capitales ne peuvent être étudiées que sur des terrains où le développement, la succession, les luttes des animaux et des plantes ne soient point troublés par l'intervention de l'homme. Le Gouvernement belge acquerrait donc des titres précieux à la reconnaissance de tous les naturalistes, il augmenterait d'une façon durable le patrimoine scientifique de la nation, s'il créait dans les régions les plus caractéristiques de notre pays quelques « réserves nationales » de ce genre : par exemple dans les dunes, dans les polders, en Campine, sur les rochers de la Meuse, dans les Hautes-Fagnes, dans la forêt de Saint-Hubert, etc.

» C'est là, du reste, un desideratum que le Conseil supérieur des forêts a déjà formulé, il y a trois ans, par l'organe de mon collègue, M. le professeur Ch. Bommer : il faut souhaiter qu'il soit réalisé sans retard.

» Les amateurs de sites pittoresques ne s'en réjouiraient sans doute pas moins que les studieux des sciences naturelles. »

La Classe invite M. le Secrétaire perpétuel à saisir M. le Ministre de l'Agriculture de ces propositions, qui seraient tout à l'honneur de la Belgique et de l'Académie.

— La Classe décide de communiquer à l'honorable chef du même Département la motion suivante faite par M. le Secrétaire perpétuel et qui est adoptée à l'unanimité :

« MESSIEURS,

» Liège va inaugurer sous peu la statue de Zénobe Gramme. Toute la Belgique, et particulièrement l'Académie, applaudira à l'hommage public rendu au vaillant ouvrier menuisier qui, par intuition, est arrivé à obtenir un moteur qui est devenu universel.

» Mais Gramme n'est pas arrivé tout seul à obtenir ce résultat. Comme travailleur, il a été ce qui s'appelle un heureux ; il a réalisé mécaniquement ce que d'autres avaient déjà établi scientifiquement, car, s'il n'en était pas ainsi, la science serait inutile et, dans les grandes découvertes qui ont révolutionné le monde, il ne faudrait jamais voir que le hasard. Dans ce cas, qu'on supprime les universités ainsi que les académies !

» Et, en ce qui concerne la science qui a servi Gramme, son plus illustre devancier en Belgique fut Michel Gloesener, que l'Académie, tout autant que l'Université de Liège, s'honore d'avoir compris dans ses rangs.

» Ne serait-il pas de toute équité, puisque Gramme

va avoir sa statue en place publique, que Gloesener ait au moins son buste à l'Académie, dont il a été l'une des gloires?

» C'est ce que je sou mets à la haute impartialité de tous mes confrères de la Classe des sciences. »

La Classe saisit cette occasion pour qu'il soit rappelé à la bienveillante sollicitude de M. le Ministre baron van der Bruggen la demande qui lui a été faite en juillet 1903 d'obtenir les bustes de Pierre-J. Van Beneden et de J.-S. Stas conformément à l'arrêté royal du 1^{er} décembre 1845 sur la matière.

La Classe décide de lever la séance en signe de deuil après l'expédition des affaires urgentes suivantes :

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique transmet, par dépêche du 6 juillet, l'ampliation de l'arrêté royal en date du 27 juin approuvant l'élection de M. Delacre en qualité de membre titulaire de la Section des sciences naturelles.

— M. P. Francotte offre un exemplaire de sa *Description d'une méthode photographique permettant de reproduire des manuscrits et autres documents*. — Remerciements.

— M. Joseph Van den Berghen, à Sweveghem, près de Courtrai, soumet une *Note relative au renversement des images sur la rétine*. — Commissaire : M. De Heen.

— M. Pelseneer fait savoir qu'il contribuera à la prochaine séance publique par une lecture sur *L'origine des animaux d'eau douce*.

— Les deux brochures suivantes : *Contribution à l'étude des mortiers* et *Résistance des mortiers hydrauliques à la mer*, envoyées par M. Émile Camerman, ingénieur-chimiste des chemins de fer belges, seront soumises au jury pour le prix Charles Lemaire.

CONCOURS ANNUEL DE 1905.

La Classe a reçu les ouvrages suivants :

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

PREMIÈRE QUESTION.

Compléter par de nouvelles recherches nos connaissances sur les combinaisons formées par les corps halogènes entre eux (F, Cl, Br, I). — Prix : 1,000 francs.

Un manuscrit (27 pp. propatria).

Devise : *La chimie est une science expérimentale.*

Commissaires : MM. Henry, Spring et Delacre.

TROISIÈME QUESTION.

On demande une contribution importante à la théorie des complexes de droites du troisième ordre, par exemple

l'étude des complexes représentés par une équation de la forme

$$\alpha\beta\gamma - K\alpha'\beta'\gamma' = 0,$$

où $\alpha = 0$, $\beta = 0$, . . . sont les équations de complexes linéaires, K un paramètre. — Prix : 600 francs.

Quatre mémoires (3 manuscrits et 1 imprimé) :

1^o Devise : *Dans toute proportion on peut intervertir l'ordre des moyens* (96 pp. in-4^o) ;

2^o Devise : *Estote parati* (81 pp. in-4^o, 1 pl.) ;

3^o Devise : *Pourquoi limiter arbitrairement le champ des mathématiques que l'on juge susceptibles d'applications?* (E. Borel) (25 pp. propatria) ;

4^o Brochure en allemand, par Kiseljok, à Fiume.

Commissaires : MM. Neuberg, Le Paige et Deruyts.

—

SCIENCES NATURELLES.

DEUXIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur la reproduction et la sexualité des Dicyémides. L'embryon infusoriforme est-il vraiment le mâle de ces parasites? On désire voir établir un parallèle entre la génération des Rhombozoaires d'une part et celle des Protozoaires de l'autre. — Prix : 1,000 francs.

Un manuscrit (111 pp. propatria, 4 pl.).

Devise : *So eine Arbeit wird eigentlich nie fertig...* (GOETHE, *Italienische Reise*).

Commissaires : MM. Van Beneden, Lameere et Pelse-neer.

SIXIÈME QUESTION.

Il existe un assez grand nombre de végétaux dioïques (divers OEdogonium, les Muscinées dioïques, etc.) chez lesquels un même œuf donne naissance, par suite de division, à plusieurs individus. On demande des recherches expérimentales sur la question de savoir si ces individus sont toujours nécessairement de même sexe. — Prix : 1,000 francs.

Un manuscrit (59 pp. in-4° et 1 photographie).

Devise : *Les sciences, sans bornes comme la nature, s'accroissent à l'infini par les travaux des générations successives* (LAPLACE, *Exp.* V, 5).

Commissaires : MM. Gilkinet, Gravis et Massart.

SEPTIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur le développement de l'Amphioxus, spécialement sur la segmentation, la fermeture du blastopore, la genèse de la notochorde, du névraxe et du mésoblaste. On désire voir élucider la question de savoir si le chevauchement que l'on observe, chez l'adulte, entre les organes homodynames de droite et de gauche, est primitif ou secondaire. — Prix : 1,000 francs.

Un manuscrit (268 pp. in-4°, 33 pl.).

Devise : *Natura non facit saltus.*

Commissaires : MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau.

Discours prononcé aux funérailles de Léo Errera, membre de la Classe des sciences; par le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel de l'Académie.

Une douloureuse mission m'incombe en ce moment cruel pour une famille si honorée et si estimée, une famille qu'un malheur foudroyant vient d'atteindre : c'est de parler au nom de l'Académie royale de Belgique pour exprimer tous les regrets suscités en elle par la mort d'un bien-aimé confrère que la Classe des sciences s'honorait de compter dans ses rangs. J'ai dit l'Académie tout entière, Messieurs, parce que Léo Errera s'était fait aimer et apprécier aussi bien par ses confrères de la Classe des lettres et des sciences morales et politiques que de ses confrères de la Classe des beaux-arts. Et cela se comprend : l'Académie n'est qu'une grande famille où les événements douloureux, comme les joies de la vie, trouvent toujours en nos cœurs leur écho ou leur répercussion.

Tout avait concouru, tout avait présidé, dirai-je plutôt, à la naissance de Léo Errera : nom, fortune, position sociale, acquise déjà par son père dans le monde officiel, par Jacques Errera, comme consul de son pays d'origine. Tout s'harmonisait, tout devait ouvrir au si regretté confrère et ami le champ si vaste de la science que ses préférences avaient choisi pour se former une carrière, dans laquelle il s'est acquis, bien que jeune encore, une si légitime renommée. A ces avantages, à ces dons, devait présider, comme l'égide tutélaire de son éducation, sa bien-aimée mère, M^{me} Jacques Errera, femme du plus grand mérite et de la plus haute distinction intellectuelle, mère aux idées les plus larges, qui a su faire de ses fils

des hommes qui ne doivent qu'à eux-mêmes leur position : pour Léo, dans le monde de la science proprement dite, tandis que son fils Paulo, que je salue en ce moment, et qui professe aussi à l'Université de Bruxelles, occupe une place des plus remarquées pour le droit public.

Être riche des biens de la terre ne constitue un réel bonheur que pour autant que la fortune puisse vous aider à cultiver en vos enfants une richesse d'une autre importance : celle de l'intelligence.

En cela, M^{me} Jacques Errera, dont l'objectif pour ses fils était le chemin de l'honneur et des devoirs sociaux, a été merveilleusement secondée par eux : ils se sont montrés dignes de sa sollicitude maternelle.

Les deux frères firent toutes leurs études à l'Université de Bruxelles : ils honorent, puis-je dire, cette institution ! Léo obtint son diplôme de docteur en sciences naturelles avec la plus haute et la plus légitime distinction. Il justifia d'autant mieux la décision du jury qui lui délivra son diplôme, que, peu d'années après, l'Université l'appela d'abord dans le corps professoral comme professeur agrégé ; il devint ensuite le brillant professeur de botanique que l'étranger nous envoyait. Son cours comprenait l'anatomie, la morphologie et la physiologie végétales, la géographie et la paléontologie végétales. La connexion de ces études est suffisamment connue pour que je m'abstienne de la développer ici.

Léo Errera entra à l'Académie comme correspondant de la Classe des sciences le 15 décembre 1887 ; ce ne fut que onze années après qu'il put en devenir membre titulaire : à cette époque, la mort ne frappait pas sans relâche parmi nous.

Sa contribution aux travaux de la Classe des sciences fut des plus actives et des plus importantes. Il a enrichi les recueils académiques de mémoires et de notes qui témoignent de ses recherches et de sa sagacité scientifique. Ces travaux, Messieurs, je ne vous les énumérerai pas en ce moment si douloureux. Les chercheurs les trouveront dans nos publications. Son jugement a été souvent mis à contribution pour les mémoires de concours et pour les communications que les savants soumettaient à l'Académie.

D'autres que moi, Messieurs, vont vous parler de Léo Errera professeur à l'Université libre de Bruxelles, de Léo Errera secrétaire du Conseil d'administration du Jardin botanique, poste que le Gouvernement lui avait confié et qu'il justifia par toutes les mesures auxquelles il collabora pour le bel établissement où la science marche de pair avec la curiosité, de Léo Errera de la Société royale de botanique de Belgique dont il fut un des membres les plus zélés et les plus compétents, de Léo Errera créateur de l'Institut de botanique.

Mon rôle en ce moment est de retracer, par une rapide esquisse, la part qu'il a prise au grand mouvement de la botanique depuis environ un quart de siècle.

Si nous cherchons à résumer les grandes lignes de ses travaux, nous voyons qu'en 1878, il publia les premières expériences précises sur le rôle des insectes dans la fécondation des fleurs, rôle qui venait d'être mis alors en lumière par Darwin.

En 1881, il découvrit le glycogène chez les champignons; il montra que cet hydrate de carbone, qui est l'une des principales réserves hydrocarburées des animaux, joue le même rôle chez les végétaux.

Il fut incontestablement l'un des premiers à pressentir l'intervention des forces de la physique moléculaire dans la structure cellulaire. Son travail initial remonte à 1888.

Enfin, c'est Léo Errera qui a donné l'essor à toute une suite d'intéressantes recherches sur la localisation des alcaloïdes. Il a démontré que ces bases organiques sont des déchets de la nutrition, mais qu'elles sont utilisées secondairement pour la défense de l'individu.

A la suite de ces travaux, qui ont leur importance reconnue, Errera établit une classification des moyens de défense des plantes, qui fut acceptée aussitôt par tous les botanistes.

Je dois, Messieurs, me borner à signaler le début des principales recherches du bien-aimé et regretté confrère ; il m'est impossible, en effet, de suivre en ce moment le développement ultérieur de chacune de ces directions où la dévorante activité du maître et celle de ses élèves ont creusé un large et profond sillon. Ce sillon subsistera et s'approfondira, car ses élèves auront à cœur de continuer de mettre à profit les précieuses leçons de celui qui n'est plus. C'est un devoir du cœur pour eux.

Léo Errera meurt à l'âge de 47 ans, à l'âge où les portes de la renommée venaient de s'ouvrir largement devant son nom et devant ses multiples travaux, à l'âge aussi où sa réputation venait de recevoir sa consécration dans le monde européen de la science.

L'Académie offre à une mère éplorée, à une épouse chérie si cruellement éprouvée, à toute la famille Errera l'expression de sa plus sincère condoléance.

Il y a deux jours au plus, tout était à la joie, tout était au bonheur ici. Brusquement la mort vient d'y étendre ses ailes et frapper inexorablement.

En présence de cette mort si subite, en présence de

cette mort foudroyante qui a frappé l'un des bien-aimés d'entre nous, combien est sublime et douce cette pensée de Pascal sur la fragilité humaine :

« L'homme, dit-il, n'est qu'un roseau, le plus faible de la nature, mais c'est un roseau pensant. Il ne faut pas que l'univers entier s'arme pour l'écraser. Une vapeur, une goutte d'eau suffit pour le tuer. Mais quand l'univers l'écraserait, l'homme serait encore plus noble que ce qui le tue, parce qu'il sait qu'il meurt, et l'avantage que l'univers a sur lui, l'univers n'en sait rien. »

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Observations sur l'état moléculaire de l'eau, sa constitution chimique et la valeur relative des deux unités d'action chimique de l'atome de l'oxygène; par Louis Henry, membre de l'Académie.

On verra clairement, au cours de cette note, que ces diverses questions sont connexes, du moins pour le moment, et au point de vue des observations que j'ai à formuler à leur sujet.

Ces observations ont, sinon pour origine, du moins pour cause occasionnelle, la publication d'un mémoire de M. de Forcrand, intitulé : *Sur quelques propriétés des hydrures saturés des métalloïdes des trois premières familles*. Ce remarquable travail du savant professeur de chimie de Montpellier vient de paraître dans le numéro de juillet des *Annales de chimie et de physique* (*).

(*) Tome V, 8^e sér., pp. 289-307, juillet 1905.

A. — ÉTAT MOLÉCULAIRE DE L'EAU.

Formée de deux gaz parfaits, bouillant sous la pression d'une atmosphère, l'un, H, à -253° , l'autre, O, à -184° , réunis à la suite d'une condensation d'un tiers seulement de leur volume, l'eau, *liquide bouillant à 100°* sous la pression de 760 millimètres, constitue un être véritablement *extraordinaire* au point de vue physique et, en apparence, *exceptionnel*. On lui reconnaîtra d'autant plus aisément ce caractère, si l'on se rappelle que son congénère, l'*hydrogène sulfuré* H_2S , quoique renfermant du *soufre*, corps solide bouillant à 444° , est un gaz bouillant vers -61° (*).

Selon les analogies les mieux fondées, l'eau devrait être aussi naturellement gazeuse et avoir un point d'ébullition notablement au-dessous du 0° de l'échelle thermométrique; selon M. de Forcrand, *il devrait être voisin de -65°* (**).

Il ne faut pas chercher dans l'*intensité de sa chaleur de formation* la raison de la *liquidité* naturelle de l'eau et de l'élévation de son point d'ébullition. Parmi beaucoup de faits qui le démontrent, j'en citerai deux :

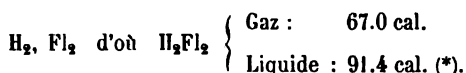
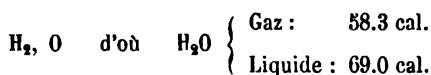
a) L'*acide fluorhydrique*. Le fluor, dont la *volatilité* est presque la même que celle de l'*oxygène* :

Fl	Éb	-187°
O	—	-183° - 184°

(*) *Mémoire cité*, p. 293.

(**) *Idem*, p. 296.

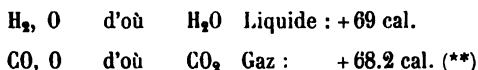
se combine avec l'hydrogène en dégageant une quantité de chaleur plus considérable encore que celui-ci, et cependant l'acide fluorhydrique H_2F_2 bout à $19^\circ 5$.



b) Le gaz carbonique, CO_2 , fait incontestablement plus significatif. L'oxyde de carbone CO est, lui aussi, un gaz parfait, puisque son point d'ébullition est situé encore quelque peu plus bas que celui de l'oxygène :

O	Éb	- 183°
CO	—	- 190°.

Il se combine avec cet élément dans les mêmes rapports de volume et de condensation que l'hydrogène et en dégageant une quantité de chaleur très considérable aussi et presque identique :



Or l'oxyde carbonique CO_2 produit de cette combinaison est un gaz bouillant à $- 78^\circ 2$, beaucoup plus éloigné

(*) Voir BERTHELOT, *Thermochimie*. Tome II : *Les données expérimentales*, p. 37.

(**) BERTHELOT, *Ouvrage cité*, p. 128.

de l'eau, quant à sa volatilité, que ne l'est son générateur, l'oxyde CO. de l'hydrogène

H	Éb.	- 253°	} + 65°
CO	—	- 190°	
H ₂ O	Éb.	+ 100°	} + 178°.
CO ₂	—	- 78°	

C'est dans la *nature* même de l'hydrogène qu'il faut chercher la raison d'être et l'explication de l'état physique qu'affecte naturellement l'eau, son oxyde, et qui la caractérise si étrangement.

Selon l'expression pittoresque de Dumas, l'hydrogène est un *métal gazeux*, et dans ces deux mots se résument d'une manière adéquate la *manière d'être* et la *manière d'agir* de cet élément fondamental.

Dans un mémoire publié en 1878, mais plus ancien en réalité (*), je me suis efforcé de démontrer que nous ne connaissons pas les *oxydes métalliques* — et, d'une manière plus générale, les oxydes des éléments positifs ou agissant comme tels — dans leur forme normale, c'est-à-dire *mono-moléculaire* et comparable aux chlorures, mais seulement à l'état de *polymères*, comme je le disais alors, constituant, dans l'état où ils se présentent à nous, des associations plus ou moins complexes de leurs

(*) *Études de chimie moléculaire*. Première partie : *Des oxydes en général*. (ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. III, p. 267.) — Voir aussi : Association française pour l'avancement des sciences. Session de Paris en 1878. *Compte rendu*, p. 409.

molécules normales, comme je le dirais aujourd'hui. Le temps, avec les faits qu'il amène, n'a fait que me confirmer dans cette idée générale. Après avoir fait remarquer, dans l'*introduction* à ce mémoire (*), que les *formules moléculaires* représentatives des corps se rapportent exclusivement à l'*état gazeux*, j'ajoutais qu'il était en tous points hautement à désirer qu'elles se rapportassent à l'*état naturel* des corps et que des formules *diverses* fussent établies pour les *divers* états physiques qu'ils peuvent affecter.

Il m'est permis de constater aujourd'hui, et j'en éprouve une satisfaction légitime, que l'attention des chimistes s'est, depuis plusieurs années, portée activement de ce côté-là ; aujourd'hui, en effet, la détermination des poids moléculaires pour l'*état liquide*, et même pour l'*état solide*, est devenue une question actuelle. Ce n'est certainement pas le moins intéressant parmi les nombreux problèmes dont s'occupe la *chimie physique*.

Au point de vue moléculaire, l'*eau* est sous bien des rapports assimilable aux *oxydes métalliques proprement dits*, à cette différence près qu'elle est susceptible d'être *dépolymérisée* d'une manière complète. La formule universellement admise et exclusivement employée, H_2O , n'en représente que la molécule à l'état gazeux, et, de l'assentiment unanime des chimistes, il est nécessaire d'en associer plusieurs pour en constituer la *molécule liquide* $(H_2O)_n$. Il est assez remarquable que le coefficient n d'association auquel sont arrivés, par des méthodes diverses, les chimistes qui se sont occupés de cet

(*) *Mémoire cité*, p. 270.

objet est, en général, à peu près le même et peut être représenté par 4 ou un chiffre s'en rapprochant (*). Quoi qu'il en soit, les 100° de notre échelle thermométrique, point d'ébullition de l'eau sous la pression normale de 760 millimètres, expriment la température nécessaire pour réaliser, dans ces conditions de pression extérieure, la désagrégation totale de la *molécule liquide complexe* $(H_2O)_n$. Les 10.7 calories, chaleur de volatilisation, représentent l'effort de chaleur, effort considérable assurément, nécessaire pour aboutir à ce résultat, 58.5 calories représentant la chaleur de formation de l'eau à l'état gazeux, à l'aide de ses éléments dans leur état naturel. Si l'on fait abstraction de la faible quantité de chaleur qui, dans cette quantité totale, correspond à la disparition d'un volume gazeux, environ 0.290 de calorie, il s'ensuit que 29.45 calories expriment l'intensité de l'affinité d'une des deux unités d'action chimique de l'atome de l'hydrogène pour l'oxygène (**). Je rappellerai en passant que l'intensité de l'affinité du chlore pour l'hydrogène s'exprime par 22 calories; or, quoique le chlore n'entre en ébullition qu'à - 34°6, son hydrure, l'acide chlorhydrique HCl, composé mono-moléculaire,

(*) La règle de *Trouton* révèle aussi la complication moléculaire de l'eau liquide, et même la différence qui existe sous ce rapport entre les hydrures de l'oxygène et du soufre.

La moyenne normale du quotient de *Trouton* étant 20-21 pour les liquides non associés, ce quotient est pour l'eau, 25.90, alors qu'il est pour l'hydrogène sulfuré liquide 20.01 seulement. (DE FORCRAND, *Mémoire cité*, pp. 304 et 305.)

(**) En admettant évidemment qu'elles soient identiques. Voir plus loin.

bout à $-83^{\circ}7$. On voit ici, une fois encore, que ce n'est pas, comme je l'ai déjà dit plus haut, dans l'intensité du phénomène thermique qui accompagne la combinaison de ses constituants dans leur état naturel, qu'il faut chercher la cause de la liquidité de l'eau et de l'élévation relative de son point d'ébullition.

Cette cause réside, selon moi, comme pour les *oxydes métalliques*, dans la complication moléculaire.

Dans certains oxydes de radicaux positifs hydrocarbonés de la chimie organique, il est possible de constater, d'une manière très instructive au point de vue de la question dont je m'occupe, la relation de l'*association moléculaire* avec l'*état physique* ainsi que la *volatilité* du composé qui en résulte, et le *phénomène thermique* concomitant. Dans cet ordre d'idées, il y a à citer, avant tous, les *oxydes aldéhydiques* $C_nH_{2n}O$ en C_1 et en C_2 .

Le *méthanal* $H_2C = O$ ou *aldéhyde formique*, que Kekulé a fait connaître dans sa forme normale (*), constitue un liquide bouillant à -21° , solidifiable et fondant vers -92° (**). Or la transformation de ce corps en *poly-oxy-méthylène* $(H_2C = O)_n$, corps solide pulvérulent, extérieurement analogue à de la magnésie calcinée, non distillable comme tel et se résolvant provisoirement sous l'action de la chaleur, au delà de 100° , en gaz $CH_2 = O$, susceptible de se condenser en liquide par une réfrigération énergique, est accompagnée d'un dégagement de chaleur de 15 calories pour une molécule-gramme, soit 30 gr. (**).

(*) KEKULÉ, *Berichte, etc.*, t. XXV (année 1892), p. 2435.

(**) HARRIES, *Berichte, etc.*, t. XXXIV, p. 635, année 1901.

(***) DELÉPINE, *Bulletin de la Société chimique de Paris*, t. XVII, p. 849, année 1897.

A l'étage C_2 , on rencontre des associations d'une nature plus stable :

a) L'éthanal $H_3C-CH=O$, liquide bouillant à 21° , fusible à $-120^\circ 7$, a pour correspondant polymère la *paraldéhyde*, liquide bouillant à 125° et se fondant à $10^\circ-12^\circ$, dont la molécule gazeuse répond à $(H_3C-CH=O)_3$. Cette condensation, triple pour l'état gazeux, s'accompagne d'un dégagement de chaleur dont la différence de chaleur de combustion de ces produits révèle l'intensité, soit environ 13.3 calories (*), pour C_2H_4O ou 46 grammes.

L'isomère de l'éthanal, l'oxyde d'éthylène H_2C-CH_2 ,



éb. $12^\circ 5$, en se transformant en son polymère $(H_4C_2=O)_2$, éb. 102° , présente pour une condensation *double* à l'état gazeux, une diminution de volatilité plus considérable encore.

Nulle part la condensation, dans ses rapports avec la volatilité et l'état thermique, ne se révèle d'une manière plus frappante que dans le cas de l'acétylène et de la benzine. La transformation de l'acétylène, C_2H_2 , poids moléculaire 26, gaz bouillant vers -85° , en benzine C_6H_6 , poids moléculaire 78, liquide bouillant à 81° , s'accompagne d'un dégagement de chaleur considérable, environ 150 calories (**). Mais je laisserai de côté ce fait,

(*) Chaleur de combustion a) de $H_3C-CH=O$, éthanal, 275.5 cal.;
b) de $(H_3C-CH=O)_3$, paraldéhyde, 813.2 cal.

(**) a) 163 cal. selon Berthelot :

Chaleur de combustion de . . .	{	l'acétylène C_2H_2	315.7 cal.
		la benzine C_6H_6 gaz . . .	784.1 cal.

b) 130.8 cal. selon Thomsen :

Chaleur de combustion de . . .	{	l'acétylène C_2H_2	310.05 cal.
		la benzine C_6H_6	799.35 cal.

quoique si hautement remarquable, parce qu'il ne concerne pas des composés oxygénés.

Quoi qu'il en soit, il est incontestable que le degré de volatilité des corps liquides est intimement lié au degré de la complication de leurs molécules, dans cet état physique.

La complication moléculaire de l'eau, à l'état liquide, au degré qu'indiquent d'une manière assez concordante les méthodes actuelles, suffit-elle à elle seule pour nous rendre compte de l'état physique de l'hydrure de l'oxygène, état que j'ai qualifié d'*extraordinaire*? Je suis tenté de le croire, en présence des faits que je viens de rapporter. Mais tel ne paraît pas être l'avis de M. de Forcrand, qui, ainsi qu'il le dit, « est naturellement conduit à envisager l'hypothèse d'une constitution chimique spéciale » pour cet hydrure (*).

B. — CONSTITUTION CHIMIQUE DE L'EAU ET VALEUR RELATIVE DES DEUX UNITÉS D'ACTION CHIMIQUE DE L'ATOME DE L'OXYGÈNE.

Ces deux questions se rattachent étroitement l'une à l'autre, à tel point que la solution à donner à la seconde est la conséquence de celle donnée à la première. Il ne m'a pas paru possible de les séparer dans l'examen que je me propose d'en faire.

L'idée que se fait M. de Forcrand de la constitution de la molécule de l'eau est basée sur l'action qu'elle subit de

(*) *Mémoire cité*, p. 18.

la part des métaux alcalins (*). Avant d'en parler, il est utile de rappeler comment se comporte, sous l'action de ces éléments, l'hydrogène sulfuré H_2S . Voici les faits :



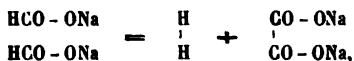
Il suit de là que dans l'hydruure du soufre, les deux atomes d'hydrogène remplissent, au fond, le même rôle. La différence que l'on constate entre leur *valeur thermique* de substitution est de l'ordre de celle qui existe entre les deux atomes d'hydrogène basique d'un acide évidemment *symétrique*, tel que l'*acide oxalique* $H_2 \cdot C_2O_4$ (**).



M. de Forcrand conclut de là que les deux atomes d'hydrogène de H_2S sont équivalents et que la constitu-

(*) Voir *a*) dans MOISSAN, *Traité de chimie minérale*, t. I. Métaïloïdes, p. 532 (année 1904); *b*) *Comptes rendus, etc.*, t. CXXVIII, pp. 1519-1522 (année 1899).

(**) La synthèse de l'*acide oxalique* $H_2C_2O_4$ par l'action de la chaleur sur le formiate sodique $HNaCO_2$,



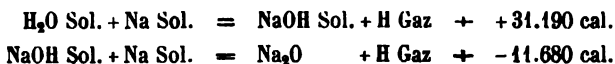
prouve à l'évidence que *a*) l'acide oxalique est formé de deux moitiés identiques $-CO-OH$ et *b*) par conséquent l'identité de valeur des deux H basiques

M de Forcrand cite également à cette occasion l'acide sulfurique H_2SO_4 . Mais cet exemple me paraît moins concluant que celui de l'acide oxalique.

tion de la molécule de ce composé peut être exprimée par la formule $H.S.H$, c'est-à-dire que l'hydrogène sulfuré est un *composé symétrique*, un véritable diacide.

J'admets parfaitement ce raisonnement ainsi que sa conclusion, mais en ajoutant qu'il en résulte, comme conséquence immédiate, l'*identité de valeur des deux unités d'action chimique de l'atome du soufre*.

Tout autres sont les rapports du sodium avec l'eau ; ils s'expriment comme suit :



c'est-à-dire que le sodium est impuissant à expulser le second atome d'hydrogène de l'eau ; aussi cet élément expulse-t-il, de l'oxyde de sodium Na_2O , un atome de ce métal, en transformant cet oxyde anhydre en hydroxyde correspondant $NaOH$.

Ce sont là, évidemment, des faits d'un caractère bien étrange et hautement significatifs. Il en ressort que les deux atomes d'hydrogène de l'eau, loin d'être équivalents, sont *fonctionnellement différents*, et pour les caractériser, quant à leurs relations avec le sodium, l'un pourrait être marqué du signe + et l'autre du signe -, de même que les deux atomes de la molécule de l'hydrogène, reconstituée par la décomposition réciproque de deux molécules hydrogénées où cet élément remplit des rôles distincts et contraires.



Aussi M. de Forcrand regarde-t-il l'eau comme un composé *asymétrique*, *mono-acide*, acide par un de ses

atomes d'hydrogène, à la façon des alcools (+ 31.19 cal.), et par l'autre, dépourvu de toute acidité. La notation usuelle $H.OH$ en exprime, selon lui, nettement la constitution; mais il ne va pas au delà. J'ajouterai, de mon côté, que cette manière d'envisager la molécule de l'eau entraîne comme conséquence immédiate la *dissymétrie fonctionnelle* de l'atome de l'oxygène lui-même, c'est-à-dire la *différence de valeur des deux unités d'action chimique de cet élément*, tel qu'il est renfermé dans l'eau. On aperçoit de suite la portée immense de cette idée, si elle est vraie, quant au nombre et à la nature des composés que l'on peut rattacher à la molécule de l'eau $H.O.H$, comme type moléculaire primordial. Quelle que soit la valeur relative des deux atomes d'hydrogène de l'eau et des deux unités d'action chimique de l'atome de l'oxygène qu'ils satisfont, les *dérivés simples bi-substitués* XOX de l'eau doivent être uniques, chacun de leur espèce, et ne constituer qu'une seule variété; il en doit être de même pour les *dérivés mono-substitués* $X.O.H$, si ces deux unités d'action chimique sont identiques. Dans le cas contraire, ces *dérivés mono-substitués* $X.O.H$, comme les *dérivés bi-substitués mixtes* en général $X.O.X'$, doivent exister sous deux formes et constituer chacun deux variétés distinctes. Ainsi, il doit pouvoir exister *deux sodes et deux potasses caustiques* $\overset{\cdot}{R}.O\overset{\cdot}{H}$, $\overset{\cdot}{H}.O\overset{\cdot}{R}$, *deux alcools méthyliques* etc., $\overset{\cdot}{CH_3}.O\overset{\cdot}{H}$, $\overset{\cdot}{H}.O\overset{\cdot}{CH_3}$, *deux oxydes de méthyl-amyle* $\overset{\cdot}{CH_3}-O-C_3\overset{\cdot}{H}_{11}$, $C_3\overset{\cdot}{H}_{11}.O.\overset{\cdot}{CH_3}$, *deux acides acétiques* $(H_3C-\overset{\cdot}{CO}).O.\overset{\cdot}{H}$, $\overset{\cdot}{H}.O.(CO-\overset{\cdot}{CH_3})$, etc., etc. C'est un vaste champ ouvert à l'isomérisie, sans doute, mais c'est en même temps une source de grandes difficultés à résoudre au point de vue de l'identification et de l'individualité des composés en question.

A mon sens, cette situation embarrassante n'est pas à redouter, parce que le fait dont elle serait la conséquence est en dehors de la réalité.

L'*asymétrie fonctionnelle* de l'eau est *occasionnelle* et non pas *absolue*. L'inertie du sodium sur le second des atomes d'hydrogène de l'eau, celui que renferme encore la soude caustique $\text{Na} \cdot \text{O} \cdot \text{H}$, tient, en effet, à la présence du sodium lui-même; vient-on à le remplacer par un groupement hydrocarboné tel que CH_3 , pour faire de l'*alcool méthylique* $\text{H}_3\text{C} \cdot \text{O} \cdot \text{H}$, — c'est la belle réaction réalisée autrefois par Berthelot (*), —



on restitue à cet hydrogène son aptitude, et toute son aptitude réactionnelle vis-à-vis du sodium. L'acidité de l'*alcool méthylique* $\text{H}_3\text{C} \cdot \text{O} \cdot \overset{\cdot}{\text{H}}$, formant à l'aide de Na du méthylate sodique $\text{H}_3\text{C} \cdot \text{O} \cdot \overset{\cdot}{\text{Na}}$, s'exprime, en effet, par 32 calories, chiffre fort voisin de celui de l'eau $\overset{\cdot}{\text{H}} \cdot \overset{\cdot}{\text{O}}\overset{\cdot}{\text{H}}$, formant de la soude caustique $\overset{\cdot}{\text{Na}} \cdot \text{O} \cdot \overset{\cdot}{\text{H}}$ (31.19 cal.), à l'aide de Na. Je rappellerai, à cette occasion, un fait bien intéressant signalé par M. de Forcrand au cours de ses remarquables études sur la réaction du sodium avec les alcools. Le méthylate sodique s'unit à l'alcool méthylique pour former le complexe $\text{H}_3\text{C} - \text{O} \cdot \text{Na} + \text{H}_3\text{C} \cdot \text{OH}$. Or, nonobstant l'identité absolue des deux molécules d'alcool méthylique servant à constituer cet assemblage,

(*) *Annales de chimie et de physique*, t. LII, 3^e sér., année 1868. Dans l'ouvrage : *Les carbures d'hydrogène*, 1851-1901, t. III, pp. 414 et suivantes.

la réaction du sodium sur la seconde molécule méthyl-
lique ne correspond plus qu'à un dégagement de chaleur
de 24.35 calories.

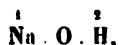
Des phénomènes du même ordre se constatent, en ce
qui concerne l'action du sodium, dans le *glycol éthylénique*
 $\text{H}_4\text{C}_2 \cdot (\text{OH})_2$, dont la molécule, parfaitement symétrique
et constituée comme celle de l'acide oxalique, est formée
par la réunion de deux fragments $\text{H}_2\text{C} - \text{OH}$ de l'alcool
méthylque (*). Mais il est une autre *dissymétrie fonction-*
nelle que présente ce composé qu'il est utile de signaler
en ce moment, c'est celle qu'accuse, dans ce corps,
l'acide HCl gazeux. Quoique identiques au fond, un seul
des deux hydroxyles alcooliques $-\text{OH}$ du glycol est
directement étherifiable par l'acide chlorhydrique lui-
même, lequel est d'une inertie presque absolue sur la
mono-chlorhydrine $\text{ClCH}_2 - \text{CH}_2(\text{OH})$ éthylénique. La
cause en est le voisinage immédiat des deux composants
 ClCH_2 et $\text{H}_2\text{C} - \text{OH}$; vient-on, en effet, à le faire cesser,
— et pour cet objet, il suffit d'un seul atome de carbone,
— l'identité fonctionnelle des deux hydroxyles $-\text{OH}$, en
apparence disparue dans le glycol en C_2 , réapparaît dans
sa réalité. Le *glycol triméthylénique* $(\text{HO})\text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2$
 $\cdot \text{CH}_2(\text{OH})$ fournit, en effet, sous l'action de l'acide
chlorhydrique, suivant la quantité de celui-ci, soit le
dérivé *mono-chlorhydrique* $\text{ClCH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2(\text{OH})$, soit
le dérivé *bi-chlorhydrique* $\text{ClCH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2\text{Cl}$.

(*) Glycol liquide et sodium : a) première substitution sodique,
+39.00 cal. ; b) seconde substitution sodique, +27.7 cal. DE FORCRAND,
Annales de chimie et de physique, juin 1892.

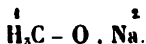
Il est donc nécessaire de distinguer avec soin la valeur fonctionnelle *actuelle* de la valeur fonctionnelle *absolue* — et j'entends par là celle qu'ils tiennent de leur nature propre — des composants des molécules chimiques. On admettra qu'il est légitime d'assimiler à ces composants les unités d'action chimique que l'on reconnaît aux atomes constitutifs de ces composants eux-mêmes.

Je reviens au méthylate de sodium et à la soude caustique.

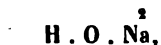
Notons par 1 et 2 les atomes d'hydrogène de l'eau, selon l'ordre de leur substitution théoriquement possible et successive par le sodium. La soude caustique Na OH, produit direct de l'action de Na sur l'eau, est



le méthylate de sodium CH_3ONa , produit de l'action du sodium sur l'alcool méthylique $\text{H}_3\text{C} . \text{O} . \overset{1}{\text{H}}$, dérivé lui-même de la soude caustique, est



Or, sous l'action de l'eau, ce méthylate de sodium fournit, en même temps que de l'alcool méthylique, de la soude caustique NaOH, qui doit évidemment être notée comme suit :



quel que soit le chiffre dont on affecte l'atome d'hydrogène qu'elle renferme. Je ne pense pas que personne songera à nier ou même à discuter l'identité de la soude caustique de cette origine avec celle qui résulte de

l'action du sodium sur l'eau. Il ressort donc de cette identité, l'identité des deux atomes d'hydrogène 1 et 2 de l'eau, ou, plus exactement, celle des deux unités d'action chimique qu'ils représentent, dans O, l'atome de l'oxygène.

Ce raisonnement que l'on peut trouver spécieux, mais qui n'en conserve pas moins sa force probante, s'appuie sur un principe général, que j'ai déjà eu l'occasion de rappeler et que je rappelle une fois encore, celui de la *stabilité des édifices moléculaires* au milieu des réactions chimiques, c'est-à-dire de la conservation des rapports de combinaison des éléments ou des groupements d'éléments qui se remplacent ou s'échangent, principe qu'il est possible de formuler dans le cas présent, comme suit : *le substituant prend la place du substitué et en conserve les rapports de combinaison*. Comme d'autres principes, comme la plupart, ce principe n'a rien d'absolu, et ce serait repousser l'évidence que de ne pas admettre, dans certaines réactions, des modifications dans les rapports primitifs de liaison des éléments ou des groupements d'éléments entre eux. Mais ce phénomène ne s'observe en général que dans des circonstances où la force des attaches chimiques est relâchée, comme sous l'action d'une notable élévation de température, ou pour satisfaire à de puissantes affinités et remplacer de faibles liens par des liens énergiques et solides. Je ne vois pas que l'on soit autorisé à admettre des glissements de cette nature autour de l'atome de l'oxygène, lors de la transformation de la soude caustique en alcool méthylique, sous l'action de $\text{CH}_3 \cdot \text{Cl}$, ou de la transformation de cet alcool en méthylate sodique par le sodium, enfin lors de

la transformation de ce méthylate sodique en soude caustique, sous l'action de l'eau.

L'identité de valeur des deux unités d'action chimique de l'atome de l'oxygène repose, comme je l'ai déjà dit, sur l'existence, à l'état d'espèces chimiques uniques, des dérivés *mono-substitués* $R.OH$ et des dérivés *bi-substitués mixtes* $R.O.R'$ de l'eau. Quoiqu'il n'y ait pas aujourd'hui des raisons de croire qu'il n'en est pas ainsi, vu l'importance du principe général en question, et puisque les principes doivent reposer sur des faits précis et bien observés, à l'abri du doute et de l'incertitude, j'estime qu'il ne serait pas inutile que l'on examinât à nouveau des composés de cette nature, *mono* et *bi-substitués*, formés dans des conditions où, selon la logique expérimentale, il serait permis d'admettre et d'affirmer que les radicaux R et R' n'occupent pas dans l'eau, considérée comme composé moléculaire originel, le même atome d'hydrogène; c'est, en d'autres termes, déterminer si l'ordre d'introduction dans l'eau, à la place de H ou de HH , de radicaux R ou RR' influe sur la nature des produits obtenus. Je me suis occupé autrefois, non sans succès, de cette même question en ce qui concerne le méthane H_4C , dans le but de démontrer l'identité de valeur des quatre unités d'action chimique de l'atome du carbone. La question est évidemment plus simple en ce qui concerne l'eau. Je me propose de la résoudre expérimentalement par l'examen minutieux de dérivés mixtes bi-substitués $R.O.R'$, tels que des éthers simples, etc.

Contribution à l'étude de l'influence de l'électrode sur les graines en germination; par H. Micheels et P. De Heen.

Nous avons cherché, pour certains cas déterminés, à dégager les influences respectives de la polarité et de la nature des électrodes sur des graines en germination, soumises à l'action d'un liquide traversé par un courant.

Pour des raisons exposées précédemment (1), nous avons fait usage, comme liquide, d'une solution nutritive très diluée. Rappelons que nous avons choisi la liqueur de Sachs, mais en y substituant du phosphate ferreux au phosphate calcique, et que 100 centimètres cubes de ce liquide étaient mélangés à 1 litre d'eau distillée.

Dans huit cristallisoirs, réunis en série, on a versé la même quantité de la solution (1 litre). Chacun de ces cristallisoirs recevait, sur un tissu à larges mailles, tendu à la surface du liquide, le même nombre de graines de Froment, bien constituées et égales entre elles, trempées au préalable pendant vingt-quatre heures dans l'eau distillée. Le courant était fourni par 12 éléments de Daniell. Il avait, par suite du mode d'association en tension, la même intensité dans chacun des cristallisoirs. Les électrodes, formées de plaques de charbon de cornue, d'or, d'aluminium, de zinc, de cuivre, d'étain, de plomb et de

(1) H. MICHEELS et P. DE HEEN, *Note relative au mode d'action excitatrice exercée par les courants sur la germination*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, Classe des sciences, n° 7, 1905.)

nickel, étaient placées de la façon indiquée dans le protocole d'expérience ci-dessous (exp. A). Un cristallisoir sans électrode servait de témoin.

Les graines ayant été disposées, d'une façon symétrique, en cinq rangées régulières, on a compté et pesé les germinations qui en étaient issues, en les groupant en deux lots comprenant, l'un, les plantules placées du côté de l'anode, l'autre, celles placées du côté de la cathode; on s'est gardé d'enlever les plantules de la rangée médiane.

En examinant le tableau fourni par l'expérience A, nous remarquons que le poids moyen des germinations, pour le liquide employé et avec les électrodes dont on a fait usage, est plus élevé du côté de la cathode.

Pour s'assurer qu'il ne s'agissait pas là d'un cas fortuit, une contre-épreuve était nécessaire. Elle est réalisée dans l'expérience B.

Pour chacune des substances qui entrent en jeu comme électrodes dans ces expériences, il y a lieu de distinguer l'action qu'exerce la polarité de celle qui résulte de la nature de l'électrode.

En ce qui concerne l'aluminium, cette distinction pourra être mise en évidence.

Dans les expériences A et B, nous avons constaté, en effet, que les racines des germinations étaient toujours plus grandes du côté de l'aluminium (fig. 1). De plus, quand ce métal forme la cathode, le poids moyen des germinations voisines est beaucoup plus élevé que celui des germinations placées près de l'anode en or, mais lorsque l'anode est en aluminium, il y a presque équivalence entre les poids moyens des germinations à l'anode et à la cathode, celle-ci étant en or.

Expérience A.

Matériaux d'étude : *Froment*.

Durée de l'expérience : 17 février-13 mars 1905.

Nos d'ordre des cristallisoirs . . .	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
Pôles	+	—	—	—	+	+	+	+	Témoin.
Nature des électrodes	C.	Au.	Au.	Au.	Au.	Cu.	Au.	au. Ni.	—
Nombre des germinations (%)	90	60	100	70	80	70	60	100	100
Poids moyen des germinations (1) (en gr.)	1.41	1.28	1.473	1.27	1.20	1.37	1.22	1.249	1.238
	1.45	1.423	2.53	4.39	4.25	1.356	1.303	4.56	

(1) Pour rendre leur comparaison plus aisée, on a multiplié par dix les nombres représentant les poids.

Expérience B.

Matériaux d'étude : *Froment*.

Durée de l'expérience : 14-28 mars 1905.

N° d'ordre des cristallisoirs	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Pôles	+	—	+	—	+	—	Témoin.
Nature des électrodes	Al.	Zn.	Cu.	Au.	Pb.	Ni.	—
Nombre des germinations	100	80	70	90	40	70	70
Poids moyen des germinations (1) (en gr.)	2.155	2.12	1.36	1.76	1.57	1.07	1.86
	2.2	2.34	1.474	2.03	1.86	4.47	4.36

(1) Pour rendre leur comparaison plus aisée, on a multiplié par dix les nombres représentant les poids.

On peut donc dire que, pour ce qui regarde l'aluminium dans la solution employée, l'influence de la nature de l'électrode l'emporte sur celle de sa polarité.

Pour dégager cette dernière, nous avons fait usage de trois cristallisoirs présentant chacun un tamis formé d'un tissu à larges mailles, tendu, au moyen d'un cadre en aluminium, à la surface du liquide indiqué pour les expériences A et B. Au fond de chaque cristallisoir se trouve une lame d'aluminium, et les graines déposées sur les tamis, après avoir gonflé dans l'eau distillée, sont recouvertes, dans chacun des cristallisoirs, d'une lame semblable d'aluminium. Dans deux de ces cristallisoirs, les lames du fond étaient réunies entre elles par un fil en aluminium, tandis que les lames recouvrant les graines étaient mises en communication, l'une avec le pôle positif, l'autre avec le pôle négatif d'une pile formée par trois éléments de Daniell réunis en série (fig. 2).

C'est vers la lame d'aluminium, qui formait la cathode au fond d'un cristallisoir, que le développement des racines a été le plus marqué, comme on peut le constater par la figure 3, qui représente une photographie prise dans une expérience où l'on s'est servi du Froment (1).

Le même résultat a été obtenu avec le Haricot et le Maïs.

Cette sorte d'aspiration vers la cathode a été maintes fois relevée par les auteurs. C'est ainsi que R. Pearl (2)

(1) Dans un travail très récent (H. MICHEELS et P. DE HEEN, *Action de la solution colloïdale d'étain sur des graines en germination*. BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, Classe des sciences, n° 7, 1905), nous avons déjà eu l'occasion de signaler, à propos d'une expérience, une incurvation des racines vers la cathode.

(2) R. PEARL, *Studies on electrotaxis : on the reactions of certain Infusoria to the electric current*. (AMERICAN JOURN. OF PHYSIOL., vol. IV, July 1900, n° 3.)

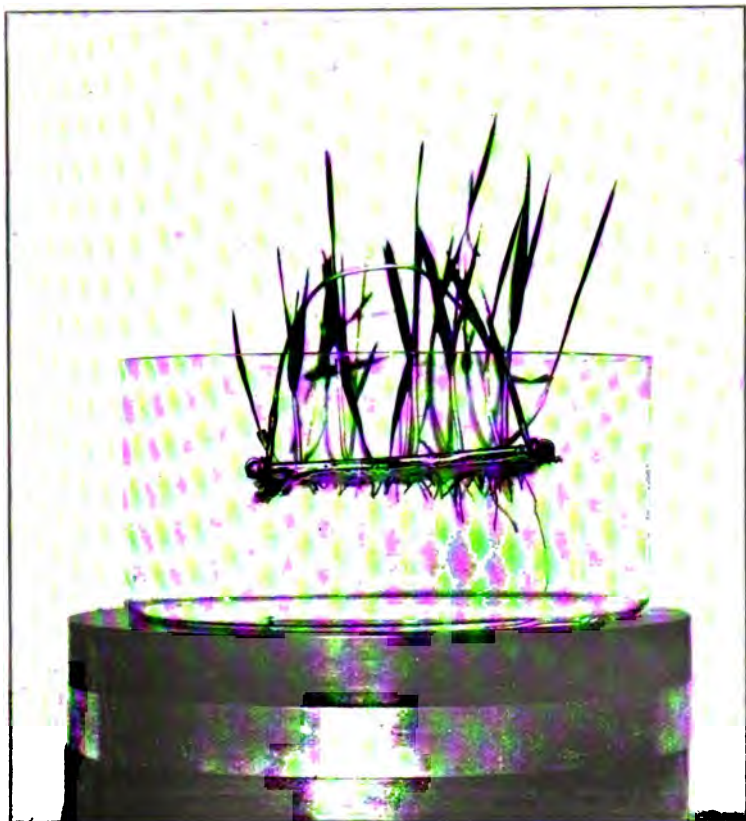


FIG. 1. — Photographie du cristalliseur III de l'expérience A. —
L'électrode négative, formée d'une plaque d'aluminium, était
placée à droite.



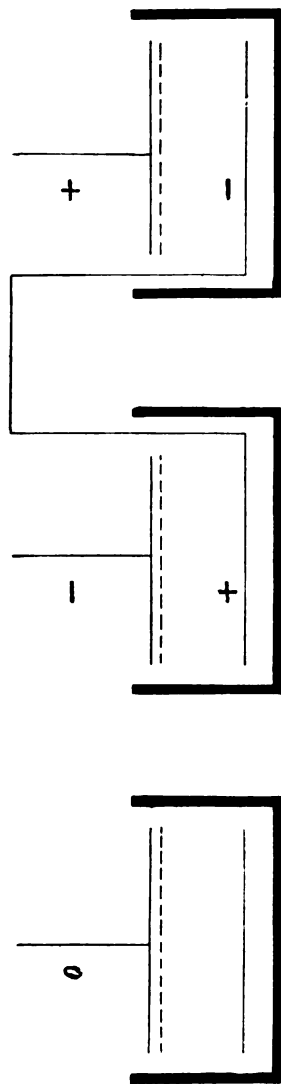


FIG. 2. — Disposition des trois cristallisoirs. (Les pointillés représentent les tamis; les traits minces, les lames et les fils d'aluminium.)

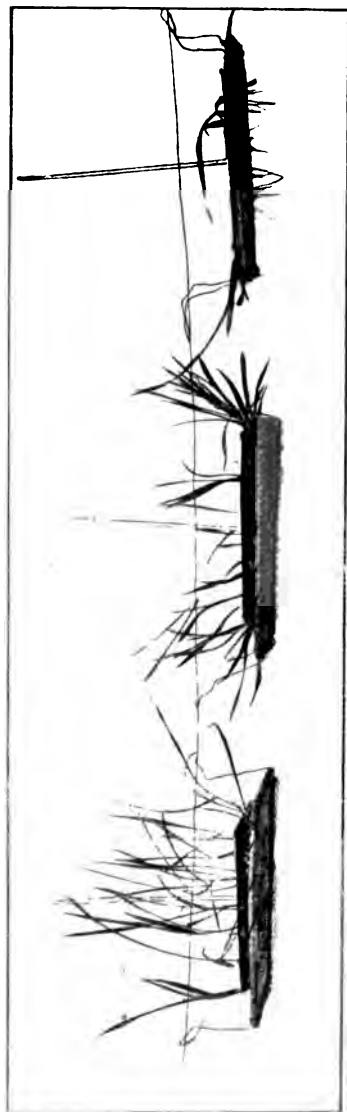


FIG. 3. — Photographie des tamis portant les germinations de Froment, à la fin de l'expérience dont le schéma fait l'objet de la figure 2.



et d'autres chercheurs (1) ont montré que, sous l'influence du courant galvanique, les Infusoires se dirigent vers la cathode, et Mouton (2) a pu prouver que l'orientation galvanotaxique des Paramécies est due à une action directe du courant et non à une action secondaire de nature chimique.

Rappelons aussi, à ce sujet, les expériences curieuses de Du Bois Reymond (3) au moyen de cylindres d'albumine coagulée. Placés entre deux électrodes et plongés dans un liquide, ces cylindres présentaient un renflement vers la cathode et un affaissement vers l'anode.

Ces résultats viennent à l'appui de la théorie de De Heen, d'après laquelle l'électricité, pas plus que la lumière, ne doit être considérée comme une cause première, mais bien comme un effet. Lors de la production du courant électrique, la cathode est le siège d'une aspiration, l'anode est le siège d'une propulsion. Ces phénomènes se produisent dans le milieu désigné sous le nom d'éther.

Ce phénomène d'aspiration et de refoulement se montre nettement dans l'expérience de De Heen qui permet de constater qu'un conducteur mobile parcouru par un courant se déplace en sens inverse du sens du courant (4).

Institut de physique de l'Université de Liège.

(1) Voir, notamment, LUDLOFF, *Pflüger's Arch.*, 1895, et VERWORM, *Ibid.*, 1896.

(2) MOUTON, *Sur le galvanotropisme des Infusoires ciliés*. (COMPTES RENDUS DE L'ACAD. DES SCIENCES DE PARIS, 1899, t. CXXVIII, p. 1247.)

(3) DU BOIS REYMOND, *Monatsber. d. Berl. Akad. der Wiss.*, 1860.

(4) P. DE HEEN, *La matière; sa naissance, sa vie, sa fin*. Bruxelles, Hayez, 1905, p. 25.

Comparaison entre l'aluminium, le zinc et le charbon de cornue au point de vue de leur action, comme électrodes, sur la germination; par H. Micheels et P. De Heen.

Nous avons vu le rôle favorable qu'exercent, sur la germination des graines de Froment, des lames d'aluminium plongées dans la solution nutritive Sachs-von der Crone très diluée (1).

En employant des lames d'autres substances, on n'obtient pas de résultats aussi satisfaisants. Nous avons fait à cet égard de nombreux essais, mais nous nous bornerons ici à reproduire les protocoles d'expériences dans lesquelles l'action de l'aluminium est comparée à celle du zinc et à celle du charbon de cornue. Nous avons employé le dispositif et le procédé maintes fois décrits dans nos récentes communications à l'Académie (2).

Expérience I.

Matériaux d'étude : *Froment*.

Durée de l'expérience : 13 janvier-3 février 1905.

	Al.	Zn.	C.
Nombre des germinations (‰) . . .	80	80	56
Poids moyen des germinations (en gr.).	0.204	0.192	0.179

(1) H. MICHEELS et P. DE HEEN, *Note relative à l'action excitatrice exercée par le courant sur la germination*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, Classe des sciences, n° 7, 1905.)

(2) Voir *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), nos 6 et 7, 1905.

II. MICHEELS et P. DE HEEN, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*
(Classe des sciences), n° 8, 1905.



FIG. 4. — Photographie des cristalliseurs avec les germinations soumises à l'action de l'aluminium (Al.),
du zinc (Zn.) et du charbon de cornue (C.).



L'expérience terminée, les cristallisoirs ont été photographiés avec leurs germinations (fig. 1).

La même expérience a été effectuée à nouveau, mais en faisant passer dans les cristallisoirs associés en série le courant fourni par trois éléments de Daniell.

Expérience II.

Matériaux d'étude : *Froment*.

Durée de l'expérience : 22 décembre 1904-11 janvier 1905.

	Al.	Zn.	C.
Nombre des germinations (‰) . . .	80	92	80
Poids moyen des germinations (en gr.).	0.212	0.193	0.129

Nous voyons, par ces deux expériences, que le zinc exerce une action moins favorable que l'aluminium, mais néanmoins appréciable.

Il nous avait paru intéressant de comparer l'aluminium au zinc, parce que Raulin (1), dans ses classiques *Études chimiques sur la végétation*, avait introduit du zinc à l'état de sulfate dans son milieu nutritif pour le *Sterigmatocystis nigra*.

En ce qui concerne l'aluminium, nous avons déjà eu l'occasion de constater que son action est plus marquée encore s'il sert d'électrodes et que l'optimum est atteint lorsque le courant est fourni par deux éléments de Daniell (2).

(1) RAULIN, *Études chimiques sur la végétation*. (ANN. DES SCIENCES NAT., 1870, 5^e série, t. II.)

(2) H. MICHEELS et P. DE HEEN, *Note relative à l'action excitatrice exercée par le courant sur la germination*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, Classe des sciences, n° 7, 1905.)

En faisant passer un fort courant dans des cristallisoirs contenant la solution indiquée, disposés en série et pourvus d'électrodes formées respectivement d'aluminium, de zinc et de charbon de cornue, on observe que la vitesse de sédimentation va en diminuant de l'aluminium au zinc et de celui-ci au charbon de cornue.

La production des solutions colloïdales doit suivre le même ordre.

Ces diverses expériences montrent que d'autres substances que l'aluminium peuvent intervenir utilement, lorsqu'on fait usage de la solution indiquée, en amenant l'état colloïdal, *source de l'excitation favorable au développement des plantules avant l'épuisement des matières de réserve des graines.*

De Heen montre dans sa théorie (1) qu'une particule devient d'autant plus *ioniquement instable* que ses dimensions deviennent plus petites. Elle se comporte alors comme un siège d'émissions ioniques dont les effets physiques, désignés sous le nom de radio-actifs, électriques, etc., sont bien connus et déterminent l'excitation qui se trouve être favorable lorsqu'elle agit, qualitativement et quantitativement, dans les conditions que nous venons d'indiquer.

Institut de physique de l'Université
de Liège.

(1) *La matière; sa naissance, sa vie, sa fin.* Bruxelles. Hayez, 1903.

NOTE SUR L'EMPLOI D'UNE GLACE ÉTAMÉE DANS L'ÉTUDE DES RAPPORTS ENTRE LES INSECTES ET LES FLEURS; par Félix Plateau, professeur à l'Université de Gand, membre de l'Académie royale de Belgique, etc.

§ 1. — *Avant-propos.*

Le lecteur sait qu'à deux reprises j'ai publié les résultats de recherches expérimentales sur l'attraction des Insectes par les fleurs artificielles (1).

Les conclusions auxquelles j'étais arrivé ont été formulées comme suit :

1° *En général*, les Insectes observés n'ont fait aucune attention aux fleurs artificielles à couleurs vives, vides ou contenant du miel ; ils semblaient même les éviter ;

2° Dans les cas *en nombre restreint* où ces animaux ont paru s'apercevoir de la présence de fleurs imitées, ils n'ont montré qu'une courte hésitation, se traduisant par un vol de quelques secondes devant les simulacres,

(1) PLATEAU, *L'instinct des Insectes peut-il être mis en défaut par des fleurs artificielles?* (Association française pour l'avancement des sciences. Congrès de Clermont-Ferrand, 1876.)

Id., *Comment les fleurs attirent les Insectes*. Cinquième partie. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3^e sér., t. XXXIV, n^o 41 [novembre], 1897.)

allures qu'ils peuvent offrir aussi devant des corps quelconques n'ayant avec des fleurs aucune analogie (1).

Ces conclusions furent vivement critiquées, et dans divers travaux dont je m'abstiendrai, pour le moment, d'apprécier la valeur, H. Reeker, Eugen Andreae, M^{lle} J. Wery, etc., décrivirent des expériences semblant prouver que j'étais complètement dans l'erreur et que les fleurs artificielles attirent presque autant les Insectes que les fleurs naturelles.

Cependant, intimement convaincu d'avoir bien opéré et bien observé, je ne me décourageai pas et je recommençai, durant l'été de 1904 et celui de l'année actuelle, des recherches variées sur le même sujet, recherches dont je publierai les résultats dès qu'ils formeront un ensemble suffisant. Ceci dit pour bien donner à entendre que mes contradicteurs sont loin d'avoir tranché la question.

J'arrive au sujet de la présente notice : parmi les objections faites à mes essais figure plusieurs fois celle qu'il n'était pas étonnant que les Insectes ne se laissent pas tromper par des imitations grossières et imparfaites.

Mes imitations étant si bonnes qu'elles faisaient illusion, j'ai protesté; mais comme cette protestation est restée inutile, j'ai cherché d'autres procédés qui fussent à l'abri de cette objection malheureuse et je crois avoir trouvé une disposition expérimentale qui a du moins le mérite de la nouveauté.

(1) PLATEAU, *Comment les fleurs attirent les Insectes*. Cinquième partie, p. 876 (32 des tirés à part).

§ 2. -- *Disposition expérimentale.*

On me concédera que rien n'imité mieux une fleur naturelle que son image réfléchie par une bonne glace étamée; port, forme, dimensions, couleurs, détails, rapports avec d'autres fleurs de la même inflorescence, tout s'y trouve rendu avec perfection, excepté le parfum. Ici il n'y a plus moyen de parler de copie grossière.

Partant de cette notion élémentaire, j'ai donc fait usage d'une glace et, après diverses tentatives préliminaires au moyen d'un simple miroir de toilette, je me suis arrêté au dispositif suivant, en employant une bonne glace de plus grande surface et quelques végétaux choisis, cultivés dans mon jardin en vue des expériences.

La glace neuve, bien pure, ne modifiant pas les couleurs et ne déformant pas les objets, mesure 83 centimètres sur 50.

Il m'eût été difficile de faire usage d'une glace de dimensions plus considérables, celle-ci offrant déjà un poids tel que son transport en différents endroits du jardin et sa mise en place sur un support approprié sont laborieux.

Le cadre de la glace, cadre indispensable pour pouvoir la manier, est une simple latte de chêne, sans vernis, sans dorure, n'ayant que la coloration naturelle du bois. Il est, de plus, lors des expériences, masqué par du feuillage frais attaché par des liens à quelques pitons. Enfin la face postérieure de la glace est revêtue d'une feuille épaisse de carton gris. De sorte que toute objection basée sur l'idée que les Insectes pouvaient être

effrayés par des objets d'aspect insolite doit être immédiatement écartée.

Je crois inutile d'entrer dans des détails sur la façon de placer la glace et de la maintenir en bonne position. Il me suffira de dire qu'un des bords du cadre (l'un des petits ou l'un des grands d'après les cas) reposant horizontalement sur un support en bois brut d'une hauteur variable suivant la circonstance et la taille des végétaux, la glace est *légèrement* inclinée vers le sol, de façon à faire avec la *verticale* un angle d'environ 10 degrés.

On évite par cette faible inclinaison la réflexion du ciel, qui pourrait avoir pour résultat d'amener les Insectes à se précipiter contre le verre en croyant s'élancer vers l'espace.

On dispose naturellement les choses de manière que les plantes soient directement éclairées par le soleil et que la glace ne les couvre pas de son ombre.

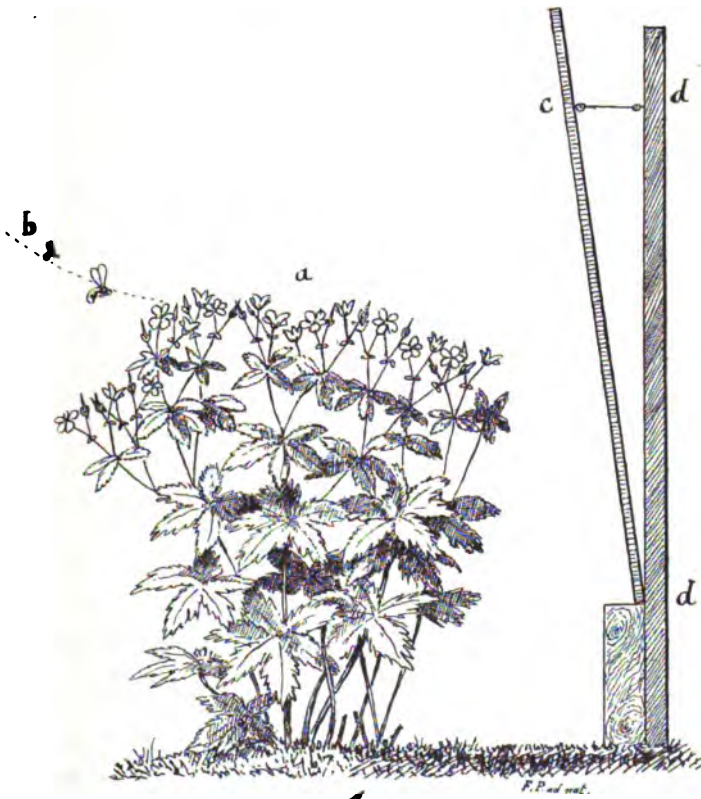
Il convient enfin de prendre quelques autres précautions utiles :

1° Autant que possible, la glace ne doit pas toucher les fleurs, mais se trouver à une certaine distance, à 20 ou 40 centimètres par exemple ;

2° La glace doit être orientée de manière à être à peu près perpendiculaire à la direction d'arrivée des Insectes ;

3° Enfin l'observateur ne se mettra pas en face de la glace, mais un peu latéralement ; c'est le seul moyen de ne pas commettre d'erreurs et de bien voir comment se comportent réellement les animaux.

La figure ci-jointe donne, je pense, une idée suffisante de la façon d'opérer.



$\frac{1}{10}$

- a. Plantes fleuries.
- b. Trajet d'arrivée des Insectes.
- c. Glace étamée (le cadre et sa garniture de feuillage ne sont pas figurés).
- d. d. Support.

Il va de soi que, chaque fois, les observations régulières n'ont commencé que lorsque tous les préparatifs, du reste rapides, étaient terminés.

§ 3. — *Résultats généraux des expériences.*

Les plantes, presque toujours en touffe compacte, très fleuries et bien visitées, sur lesquelles j'ai opéré sont :

Cheiranthus Cheiri L.
Myosotis alpestris Schm.
Geranium sylvaticum L.
Saxifraga umbrosa L.
Salvia officinalis L.
Salvia Horminum L.
Papaver orientale L.
Scrophularia nodosa L.
Borrago officinalis L.

Plusieurs de ces espèces ont été l'objet d'expériences répétées.

La glace réfléchissait soit la totalité des fleurs, soit une grande partie de celles-ci.

Les images, d'une netteté et d'une fraîcheur charmantes, faisaient tellement illusion que si l'observateur, au lieu de se placer latéralement, comme je l'ai recommandé plus haut, se mettait en face de la glace, il lui arrivait de confondre, en fait d'Insectes et de fleurs, les images avec la réalité.

La durée totale de chaque observation n'a jamais été moindre qu'une heure entière.

Je résumerai d'abord, dans ce paragraphe, les *résultats*

généraux tels qu'ils découlent de l'ensemble des expériences, puis, à *titre d'exemples*, je donnerai, dans le § 4 suivant, les résultats particuliers de quelques expériences types :

1° Sauf de très rares exceptions, les Insectes, à leur arrivée, se rendent directement aux fleurs réelles, et cela immédiatement, dès le début de chaque expérience. L'hypothèse d'une éducation faite par des individus qui auraient heurté le verre peut donc être définitivement abandonnée ;

2° Le très petit nombre d'Insectes qui, arrivant au vol, se précipitèrent contre la glace, n'étaient — l'observation attentive l'a démontré — pas attirés par les images des fleurs en expérience. La glace prolongeant en apparence le jardin, ils croyaient trouver un passage libre pour se rendre à d'autres plantes qu'ils fréquentaient d'habitude et situées en effet au delà ;

3° D'une façon presque générale, les Insectes butinent de fleur réelle en fleur réelle sans plus se préoccuper des images cependant nettes et brillantes que si elles n'existaient pas ;

4° Les quelques Insectes qui, tandis qu'ils visitent les fleurs réelles, se jettent contre la glace sont presque toujours des individus qui, ayant terminé leur récolte de pollen ou de nectar, quittent les fleurs pour partir. Ils heurtent alors la glace dans leur *vol ascendant* de départ, croyant s'élancer librement vers le haut (1) ;

5° Enfin, mais ceci est plutôt un cas particulier, les mâles de certaines espèces, comme l'*Anthidium mani-*

(1) Ne pas oublier que la glace est légèrement inclinée.

catum, qui ne souffrent pas la présence d'individus du même sexe sur les fleurs qu'ils ont choisies et les pourchassent avec ardeur, peuvent se précipiter contre la glace à plusieurs reprises, trompés par les mouvements de leur propre image et sans être attirés par les images florales (1).

§ 4. — *Relation de quelques expériences à titre d'exemples.*

I. — Expérience sur le *Geranium sylvaticum* L.

28 mai 1905, de 2 à 3 heures. Temps beau, très chaud.

Un groupe compact de plusieurs pieds de *Geranium sylvaticum* mesurant environ 1 mètre de long sur 60 centimètres de large, bien exposé au soleil, porte, au bas mot, cent cinquante fleurs d'un bleu violacé, bien visitées par des Abeilles (*Apis mellifica*), quelques autres Hyménoptères plus petits et des Diptères Muscides.

La glace est placée à 40 centimètres des Géraniums et réfléchit un peu plus de la moitié des fleurs présentes. Sa surface est perpendiculaire à la ligne d'arrivée des Abeilles.

(1) Je me suis efforcé, dans la rédaction ci-dessus, d'éviter les affirmations trop absolues, et je prie ceux qui critiqueront mon travail comme on a critiqué tous les autres, de tenir compte des termes mêmes que j'emploie. Il n'est que trop souvent arrivé qu'on m'attribue des idées que je n'ai pas eues. Quand j'écris qu'un fait se passe *en général*, on me fait dire *toujours*; lorsque j'écris qu'une chose a lieu *rarement*, on traduit cela par *jamais*, etc. Je sais bien qu'il n'y a pas là intention malveillante, mais légèreté, seulement cette légèreté a des résultats déplorables.

Pour donner une idée approximative du nombre d'Abeilles, disons qu'on observe à chaque instant, sur le groupe de Géraniums, de quatre à six Abeilles à la fois, ces Insectes se renouvelant constamment, les uns arrivant, les autres partant.

Durant toute l'heure d'observation, *une seule* Abeille en tout a rencontré la glace dans son vol ascendant de départ.

Aucune ne s'est précipitée vers la glace à l'arrivée et aucun autre Insecte n'a commis d'erreur.

Une grosse femelle de *Bombus terrestris* a visité deux fleurs, puis est partie presque immédiatement sans se préoccuper des images.

II. — Expérience sur la *Salvia officinalis* L.

1^{er} juin 1905, de 2 à 3 heures. Temps chaud, couvert à intervalles.

Une forte touffe de Sauge officinale en pleine floraison et bien exposée porte plus de soixante-dix épis floraux; elle est par conséquent très visitée par des Insectes multiples : *Apis mellifica* L., deux à quatre individus à la fois se renouvelant constamment, *Bombus lapidarius* L., *Bombus terrestris* L., *Bombus agrorum* F., de petits Hyménoptères abondants : *Osmia aenea* L., *Stelis aterima* Latr., *Prosopis communis* Nyl., enfin, comme Diptère, *Syritta pipiens* L. fréquent.

La glace est à 30 centimètres des Sauges et réfléchit à peu près la totalité des fleurs.

Pendant toute l'heure d'observation, aucun Insecte, à l'arrivée, ne s'est précipité vers la glace. Tous s'adressaient directement aux fleurs réelles.

L'immense majorité des individus va de fleur en fleur sans s'inquiéter des images.

Deux Abeilles seulement se sont portées *vers* la glace en quittant les fleurs les plus voisines de celle-ci, mais sans la rencontrer, décrivant simplement une courbe à quelques centimètres du verre.

Un seul *Bombus terrestris* a heurté la glace dans son vol ascendant de départ.

Ni le *Bombus lapidarius*, ni le *Bombus agrorum*, ni les petits Hyménoptères, *Osmia*, *Stelis*, *Prosopis*, ni les *Syritta pipiens* ne se sont préoccupés des images réfléchies.

Donc, en une heure et malgré le grand nombre d'Insectes présents, trois erreurs peu sérieuses en tout.

III. — Expérience sur le *Papaver orientale* L.

11 juin 1905, de 9 h. 30 m. à 10 h. 30 m. Temps très chaud.

Huit belles plantes de Pavot oriental, portant de multiples fleurs énormes d'un rouge écarlate mesurant 15 centimètres de diamètre, sont placées en ligne.

On choisit un pied au soleil et bien visité par l'Abeille domestique (*Apis mellifica*); il porte deux fleurs fraîches, une fleur passée et des boutons.

La glace, perpendiculaire à la ligne d'arrivée des Abeilles, est à 40 centimètres de la plante. Elle réfléchit la totalité de celle-ci. Les images des Pavots semblent aussi éclatantes que les Pavots réels.

En une heure, il y eut aux fleurs du seul pied consi-

déré, vingt-trois arrivées d'Abeilles, soit environ une arrivée toutes les deux minutes et demie (1).

La façon de se comporter de ces Insectes a été très nette : sauf *une seule* Abeille, qui s'est jetée contre le verre *vers la fin de l'expérience* (2), toutes les vingt-deux autres se sont rendues directement aux fleurs véritables sans se préoccuper des images. Elles piétinaient ensuite au fond des corolles, comme je l'ai décrit ailleurs (3), récoltant avidement le pollen, sortaient momentanément, décrivant de petites courbes au vol et rentraient soit dans le même Pavot, soit dans un Pavot voisin, toujours sans s'inquiéter des images.

Ainsi que dans des expériences déjà décrites plus haut, trois Abeilles, *lors de leur départ définitif ascendant*, sont allées heurter la partie supérieure de la glace, croyant s'élever librement. Ce qui n'implique aucune illusion provoquée par les images des fleurs.

(1) Je n'ai tenu compte que des arrivées proprement dites et non des retours d'une même Abeille après une sortie momentanée des fleurs.

Pour répondre à l'objection absurde que c'était peut-être la même Abeille qui était revenue vingt-trois fois, je dirai :

1° Que j'ai vu, à maintes reprises, sur mes Pavots, deux et trois Abeilles à la fois ;

2° Que je n'ai pas de ruches et qu'il n'y en a aucune dans mon voisinage. Celles d'où viennent les Abeilles observées sont à une grande distance de mon jardin, de sorte que, dans l'expérience décrite, le voyage aller et retour d'une Abeille a une durée incompatible avec l'hypothèse d'un Insecte unique.

(2) Détail qui prouve qu'il ne s'agit pas, pour les autres, d'expérience acquise

(3) *Les Pavots décorollés et les Insectes visiteurs*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE (Classe des sciences), n° 41 [novembre], 1902.)

Quant aux erreurs présentées par d'autres Insectes, elles se réduisent à ceci : une mouche *Calliphora vomitoria* heurtant la glace comme les mouches heurtent les vitres de nos fenêtres, un Tenthredinien *Allantus scrophulariae*, animal pour lequel les Pavots n'ont aucun attrait, se jetant contre le verre, croyant à un espace vide, pour se rendre à des *Scrophularia nodosa* placées à faible distance.

IV. — Expérience sur la *Scrophularia nodosa* L.

13 juin 1905, de 2 à 3 heures. Temps beau, très chaud.

Une grande touffe de Scrophulaire noueuse que je cultive depuis des années à cause de sa propriété d'attirer une foule d'Hyménoptères (1) est bien exposée au soleil. La glace, dont la surface est perpendiculaire à la ligne d'arrivée des Insectes, est à 30 centimètres de la plante (2). Elle réfléchit la totalité des panicules floraux, au nombre de vingt-quatre.

En une heure, il y eut :

- 2 arrivées d'*Apis mellifica* L.
- 1 arrivée de *Bombus Hypnorum* L.
- 6 arrivées de *Vespa sylvestris* Sc.
- 8 — d'*Allantus scrophulariae* L.
- 12 — d'*Halictus sexnotatus* Ky.

(1) Preuve pratique que les fleurs verdâtres ou brunâtres *essentielllement ternes* attirent les Insectes par tout autre chose que l'éclat des corolles. Au cours de nombreuses observations, j'ai noté, depuis quatre ans, sur la *Scr. nodosa* les mêmes espèces énumérées dans la liste ci-dessus, représentées à chaque instant par de multiples individus.

(2) A cause de la hauteur de la plante, la glace repose naturellement sur un support élevé.

d'innombrables arrivées d'*Andrena nana* Ky. et de *Prosopis communis* Nyl.

Aucun Insecte, à l'arrivée, ne se porta vers la glace.

Chaque individu restait longtemps, passant de fleur en fleur, pendant cinq à dix minutes au moins, et le nombre d'animaux présents à la fois fut toujours assez grand.

Or il était très curieux de voir leur troupe tourbillonner autour des fleurs réelles de Scrophulaire sans se préoccuper des images cependant nettes et lumineuses réfléchies par le miroir.

Les seules erreurs ou semblants d'erreurs furent les suivants :

Une *Vespa* rencontra la partie supérieure de la glace dans son vol ascendant de départ ;

Un *Allantus* fit de même ;

Un *Halictus* décrivit une courbe au voisinage du verre, mais sans le heurter ;

Un seul *Halictus* heurta la glace d'une façon directe.

V. — Expérience sur la *Borrago officinalis* L.

24 juin 1905, de 2 h. 15 m. à 3 h. 15 m. Temps beau, chaud, soleil voilé par intermittences.

Douze forts pieds de Bourrache sont situés les uns près des autres au bord d'une allée; de l'autre côté de celle-ci, large de 1 mètre, il y a encore cinq pieds de la même espèce.

Les douze plantes du groupe principal portent ensemble de quatre-vingts à cent fleurs bleues attirant les Hyménoptères de la saison.

J'observe sur ces fleurs :

Apis mellifica L., abondante.

Bombus Hypnorum L.

Bombus terrestris L.

Megachile ericetorum Lep.

Cœlioxyys conica L.

Stelis aterrima Latr., abondante.

De temps en temps, ces Insectes traversent l'allée pour visiter l'autre groupe de *Borrage*, puis reviennent au premier, etc.

La glace, perpendiculaire à la ligne d'arrivée des Abeilles, est à 30 centimètres du groupe principal de Bourrache, dont elle réfléchit environ la moitié, soit six plantes avec leurs fleurs; mais elle réfléchit aussi les pieds plus éloignés situés sur l'autre bord de l'allée, circonstance très favorable, puisque les Insectes accoutumés à passer d'un groupe à l'autre devront, si la glace les trompe, se précipiter de temps à autre contre sa surface.

Or presque rien de ce genre ne se passe : malgré le grand nombre d'Insectes présents, aucun d'entre eux, à l'arrivée, ne s'est dirigé vers la glace, mais toujours directement vers les fleurs réelles.

Un seul petit *Stelis aterrima*, en quittant le groupe principal, a rencontré le verre comme pour le traverser.

Deux *Bombus* seulement ont heurté la glace dans leur vol ascendant de départ.

Aucune Abeille n'a commis la moindre erreur.

* * *

Les autres expériences m'ayant fourni des résultats tout à fait analogues, je crois inutile d'encombrer des pages de leurs relations.

Le lecteur qui aura examiné d'un peu près les descriptions qui précèdent, dans lesquelles j'ai énuméré tous les faits, constatera que je n'ai rien exagéré en énonçant, § 3, les résultats généraux.

Ce sont, bien entendu, les résultats obtenus *au moyen d'un procédé déterminé et en observant des précautions données*; c'est-à-dire que je n'assume aucune responsabilité quant à ce que fourniraient des essais où toutes les conditions expérimentales énumérées n'auraient pas été suivies.

§ 5. — *Objections.*

Je ne me dissimule nullement que ces expériences susciteront de nombreuses objections plus ou moins sensées. On peut, me semble-t-il, les grouper en trois catégories :

A. Les images réfléchies par la glace n'ont pas autant d'éclat que les fleurs réelles, les glaces étamées ne réfléchissant qu'une partie, très grande il est vrai, de la lumière incidente, une certaine portion de cette lumière étant absorbée par le verre et le métal de l'étamage.

Partant de cette notion, certains diront peut-être que les Insectes perçoivent la différence d'éclat et que cela suffit pour expliquer qu'ils ne commettent guère d'erreurs.

Je doute que l'objection soit sérieuse :

1° En effet, avec une bonne glace, l'illusion est complète pour l'œil humain ; il est donc peu probable qu'elle ne soit pas telle pour des animaux ;

2° La différence d'éclat entre une fleur réelle et son image est bien plus faible qu'entre une fleur réelle au soleil et une autre fleur réelle momentanément à l'ombre (à l'ombre de quelques feuilles de la plante par exemple). Cependant la même Abeille passera sans hésiter de la fleur ensoleillée à la fleur ombragée, tandis qu'elle ne tentera généralement pas de passer de la fleur ensoleillée à l'image de celle-ci.

B. Les images de fleurs réfléchies par une glace étamée peuvent être comparées à des fleurs réelles vues au travers d'une vitre, et la littérature scientifique nous fournit la description de plusieurs cas d'Insectes volant devant des fenêtres, des glaces de magasins ou des vitres de serres les séparant de fleurs véritables les attirant en apparence par leur coloration seule.

Voici quelques-uns de ces cas et les remarques qu'ils m'ont suggérées :

Motelay, dans un petit article intitulé : *Note sur un Papillon que la vue et non l'odeur des fleurs attirait* (1), cite le cas d'une *Pieris brassicae* se débattant pendant dix à quinze minutes contre les vitres d'un magasin de fleurs naturelles.

Motelay croit que c'est la vue des fleurs et non leur odeur qui attirait le Lépidoptère, puisque, dit-il, à 2^h50

(1) Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux, vol. LIII, 6^e sér., t. III, p. LXIV, 1896.

ou 3 mètres se trouvait la porte ouverte du magasin que l'Insecte ne sut pas trouver.

L'auteur de cette communication a tout simplement mal interprété le fait observé.

J'ai vu moi-même une *Pieris* voler désespérément le long de la devanture d'un magasin, non de fleurs, mais de casseroles, de bouilloires et autres objets de ménage n'ayant ni couleurs vives ni aspect floral. Il s'agit ici d'un phénomène qui s'explique très bien par les points suivants :

1° Les Insectes ont une perception incomplète des formes et perçoivent nettement les mouvements ;

2° Les *Pieris* qui se rencontrent au vol se poursuivent en tourbillonnant l'une autour de l'autre.

Le Papillon de Motelay, comme le mien, égaré dans la rue et arrivant par hasard près de la glace du magasin, y a vu voler sa propre image, qu'il a prise pour une seconde *Pieris* et qu'il a cherché à rejoindre ; voilà tout.

Le fait d'un Lépidoptère poursuivant son image est à rapprocher de celui non moins intéressant décrit par H.-F. Hutchinson (1), d'une Araignée chasseuse, l'*Epi-blemum scenicum*, encore une fois distinguant mal les formes, mais percevant les mouvements et pourchassant son image sur un miroir.

C'est de la même façon que doivent s'interpréter les actes dont j'ai été témoin et auxquels j'ai fait allusion plus haut, § 3, de la part d'un *Anthidium manicatum* mâle qui, butinant sur des fleurs de *Salvia Horminum* situées devant la glace utilisée dans mes expériences et

(1) HUTCHINSON, *The hunting Spider*. (THE NATURE, vol. XX p. 581. 1879.)

arrivant de fleur en fleur non loin de la surface du verre, se précipitait rageusement à plusieurs reprises contre le miroir.

J'ai signalé, en effet, dans mon travail *La vision chez l'Anthidium manicatum* (1), qu'en général un seul mâle prenait possession d'un groupe de fleurs et que « si par aventure un autre mâle venait voler au voisinage, le premier ne tardait pas à reconnaître sa présence à ses mouvements, fondait sur lui avec vigueur et le contraignait à partir ».

Pour compléter ces citations concernant des Insectes volant devant des surfaces vitrées, je citerai, mais sans chercher à l'expliquer parce que les éléments d'appréciation me manquent, l'observation de J. Mason (2) qui vit ou crut voir, à plusieurs reprises, des *Macroglossa stellatarum* voler en avant et en arrière à l'extérieur d'une serre sous les vitres de laquelle, à 30 ou 45 centimètres de distance, étaient placées des Orchidées non odorantes d'un rose tirant sur le pourpre.

L'inutilité de mes efforts pour tromper des Macroglosses à l'aide de fleurs artificielles variées et nombreuses me rend très sceptique au sujet de l'observation de Mason.

C. Des expérimentateurs, entre autres Eugen An-

(1) *Annales de la Société entomologique de Belgique*, t. XLIII, 1899, et *Cinquantiennaire de la Société de biologie*, volume jubilaire, p. 235. Paris. 1899.

(2) MASON, *Macroglossa stellatarum attracted by colour*. (THE ENTOMOLOGIST'S RECORD AND JOURNAL OF VARIATION, vol XII, n° 2, p. 53, February 15, 1900.)

dreae (1) et M^{lle} J. Wery (2), ont mis des fleurs à couleurs voyantes dans des vases de verre renversés, sous des cloches de verre ou dans des bocaux fermés par un disque de verre en guise de couvercle et ont constaté que des Insectes, des Abeilles, par exemple, se dirigeaient vers ces vases transparents, comme attirés par la couleur des fleurs qui s'y trouvaient renfermées et qu'ils auraient distinguée au travers du verre.

Absorbé par d'autres essais multiples, le temps m'a manqué pour répéter des expériences de ce genre, mais bien qu'Andreae ait, lors de ses observations sur les Abeilles visitant le *Rhododendron ciliatum*, vu, en trente minutes, deux Abeilles seulement se porter vers un grand vase de verre vide, tandis que dix Abeilles volèrent vers un vase de verre plus petit recouvrant des fleurs de *Rhododendron*, d'où il conclut que ce n'était pas l'éclat du verre qui attirait les Hyménoptères, mais la vue des fleurs, je crois qu'il ne faut pas trop se hâter d'admettre que la vive lumière réfléchie par certains points de vases de verre ne peut constituer une cause attractive.

Au cours de recherches intitulées : *Expériences sur l'attraction des Insectes par des étoffes colorées et des objets brillants* (3), recherches dans lesquelles je fis usage de sphères brillantes, les unes simplement argentées à l'inté-

(1) ANDREAE, *Inwiefern werden Insekten durch Farbe und Duft der Blumen angezogen?* (Beihefte zum BOTANISCHEN CENTRALBLATT, Bd XV, Heft 3, 1903.)

(2) J. WERY, *Quelques expériences sur l'attraction des Abeilles par les fleurs.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE (Classe des sciences), n° 12 [décembre], 1904.)

(3) *Annales de la Société entomologique de Belgique*, t. XLIV, 1900.

rieur, les autres colorées, suspendues aux végétaux, je pus, en trois heures, noter comme attractions :

		ATTRACTIONS	
		évidente.	douteuse.
Sphères en verre argenté.	<i>Apis mellifica</i>	4 fois.	»
	<i>Bombus terrestris</i>	1 —	»
	<i>Bombus muscorum</i>	3 —	1 fois.
	<i>Megachile ericetorum</i>	3 —	1 —
	<i>Eristalis tenax</i>	2 —	3 —
	<i>Syrphus pyrastris</i>	1 —	»
Sphères colorées à état métallique.	<i>Apis mellifica</i>	»	1 —
	<i>Bombus terrestris</i>	5 —	1 —
	<i>Bombus muscorum</i>	2 —	2 —
	<i>Megachile ericetorum</i>	1 —	»
	<i>Eristalis tenax</i>	2 —	1 —
		24 —	10 —

En somme, en trois heures, soit cent quatre-vingt minutes :

24 attractions évidentes ; une par 7.5 minutes.

10 attractions douteuses ; une par 18 minutes.

Je suis loin de prétendre que les résultats de mes essais au moyen de sphères brillantes expliquent une fois pour toutes le vol d'Insectes vers des cloches de verre recouvrant des fleurs, mais j'estime qu'on aurait tort de ne pas en tenir compte.



OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Francotte (P.). Description d'une méthode photographique permettant de reproduire des manuscrits et autres documents, dans le but d'obtenir des positifs pour projections lumineuses et des agrandissements destinés à l'enseignement. Bruxelles, 1905; in-8° (16 p.).

BRUXELLES. *Club alpin belge*. Bulletin, tome III, 1905.

État Indépendant du Congo. Mission Émile Laurent (1903-1904). Énumération des plantes récoltées par Émile Laurent avec la collaboration de M. Marcel Laurent pendant sa dernière mission au Congo; par E. De Wildeman, fascicule I. 1905.

Kolacek (Frantisek). Elektrina a magnetismus. Vyklady theoretické. Prague, 1904; in-8°.

STUTT GART. *Verein für vaterländische Naturkunde*. Jahreshefte, 61. Jahrgang. 1905.

KIEL. *Sternwarte der kgl. Universität*. Astronomische Beobachtungen, von Paul Harzer. Leipzig. 1905; in-4°.

BERLIN. *Kgl. Meteorologisches Institut*. Ergebnisse der Niederschlags-Beobachtung im 1901-1905; in-4°.

HAMBOURG. *Tabellarische Uebersichten des hamburgischen Handels im Jahre 1904*. In-4°.

Albert I^{er} de Monaco (S. A. S. le Prince). Expériences d'enlèvement d'un hélicoptère. Paris, 1905; extr. in-4° (2 p.).

Albert I^{er} de Monaco (S. A. S. le Prince). Sur la campagne de la « Princesse-Alice ». Paris, 1905; extr. in-4° (4 p.).

— Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht, 30^e fascicule. Paris, 1905; in-4°.

Weiss (F.-E.) et Lomax (James). The stem and branches of *Lepidodendron selaginoides*. Manchester, 1905; in-8° (8 p. et 1 pl.).

Bruce (William). Scottish national antarctic Expedition. Outline map of Laurie Island, South Orkneys, 1903. Édimbourg, 1905; extr. in-8° (2 p. et 1 carte).

OTTAWA. *Royal Society*. Proceedings and Transactions, vol. X, pars 1 and 2, 1905.

South African Association for the advancement of science. Report of the second meeting held at Johannesburg, 1904.

NAPLES. *Zoologische Station*. Zoologischer Jahresbericht für 1904.

Stodolkiewicz (A.-J.). Éléments de calculs exponentiels et de calculs inverses. Varsovie, 1905; in-8° (73 p.).

Baylina (Ign.). Patologia de las enfermedades epilepticas y mentales, con un estudio del hombre en su modo de ser fisico-moral. Barcelone, 1905; in-8° (335 p.).

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1905. — N^{os} 9-10

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 14 octobre 1905.

M. P. DE HEEN, directeur.

M. le chevalier EDM. MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. J.-B. Masius, *vice-directeur* ; G. Dewalque, Éd. Van Beneden, C. Malaise, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, C. Le Paige, Ch. Lagrange, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, A. Lancaster, C. Vanlair, A. Jorissen, Paul Pelseneer, M^{ce} Delacre, *membres* ; Ch.-J. de la Vallée Poussin, F. Swarts, Th. Durand, J. Massart, *correspondants*.

CORRESPONDANCE.

La Classe prend notification officielle de la mort du docteur Walther Flemming, professeur d'anatomie à l'Université de Kiel, associé de la Section des sciences naturelles, décédé à Kiel le 4 août 1905, à l'âge de 62 ans.

— M^{me} veuve Léo Errera remercie pour le témoignage d'estime et de sympathie que la Classe a donné à la mémoire de son mari dans sa séance du 5 août; elle en a été profondément touchée, dit-elle, ainsi que du discours que M. le Secrétaire perpétuel a prononcé en la douloureuse circonstance; elle rappelle combien son mari était attaché de tout cœur à l'Académie de Belgique, à ses succès, à sa gloire.

Sur le désir exprimé par M^{me} Errera, M. le Secrétaire perpétuel lui restituera les deux billets cachetés datés du mois de mai 1879 et du mois de décembre 1896, dont la Classe avait décidé le dépôt aux archives sur la demande de M. Léo Errera.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique annonce que le VI^e Congrès international de chimie appliquée se réunira à Rome dans le courant d'avril de l'année prochaine, sous le haut patronage de S. M. le Roi d'Italie.

Le même Ministre avait écrit le 6 octobre (soit huit jours avant la reprise des séances de la Classe) que la légation d'Italie lui avait exprimé le désir de voir le Gou-

vernement belge se faire représenter au VII^e Congrès international d'hydrologie, de climatologie, de géologie et de thérapie qui s'est réuni à Rome le 10 octobre.

Il a été écrit à M. le Ministre que la Classe regrettera vivement de n'avoir pu être saisie à temps de cette dépêche pour pouvoir se faire représenter à ce Congrès.

Le même Ministre annonce que l'Exposition coloniale qui se tiendra à Marseille en 1906 comprendra un groupe spécialement consacré à l'océanographie.

Il ajoute que les organisateurs de cette Exposition seraient heureux de voir les personnalités belges qui s'intéressent à cette science, leur prêter leur concours et prendre part au Congrès qui sera organisé à cette occasion.

— Hommages d'ouvrages :

1^o Rapports scientifiques publiés sous la direction de la Commission de la *Belgica* :

Botanique : *Champignons*, par M^{mes} E. Bommer et M. Rousseau;

Zoologie : *Organogénie des Pinnipèdes : I. Les extrémités*; par H. Leboucq;

2^o *Sur un champignon non encore déterminé, figuré et décrit par Fr. Van Sterbeeck*; par Ch. Van Bambeke;

3^o *Conflits de préséance et excitations inhibitoires chez les végétaux*; par Léo Errera (offert par M^{me} veuve Léo Errera);

4^o A. *Considérations sur le Devonien supérieur de la carrière du bois de Beaulieu*; B. *Un complément à apporter à l'organisation de l'enseignement supérieur des sciences géologiques*; par Michel Murlon;

5° *Les laboratoires maritimes étrangers à l'Exposition de Liège*; par P. Francotte;

6° *Le mode de nutrition des embryons chez Purpura lapillus*; par P. Pelseneer;

7° *Les origines de la statique*; par P. Duhem, associé, à Bordeaux;

8° *Traité de chimie minérale*, tome II : *Métalloïdes*, 2^e fasc.; tome IV : *Métaux*, 2^e fasc.; par Henri Moissan, associé, à Paris;

9° A. *L'origine de la corde dorsale*; B. *Le cinquante-naire de la Société entomologique de Belgique* (discours); par Aug. Lameere.

— Remerciements.

RAPPORTS.

Il est donné lecture :

1° Du rapport de M. Lancaster sur les *Résolutions de la quatrième Conférence de la Commission internationale pour l'aérostation scientifique*. — Renvoi à M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique comme suite à sa dépêche du 18 mai 1905. Administration des sciences et des lettres, n° 51;

2° Des rapports de MM. Ch. de la Vallée Poussin, Mansion et Deruyts sur le deuxième mémoire de M. J. Beaupain, docteur en sciences, ingénieur en chef directeur de 2^e classe des mines (*Sur la fonction Gamma double*). — Communication de ces rapports à l'auteur;

3° De l'avis de MM. Le Paige et Neuberg sur une communication de M. G. Cesàro, intitulée : *Nouvelle méthode pour l'établissement des formules de la trigonométrie sphérique*. — Impression au *Bulletin* (texte et figures);

4° De l'avis de M. De Heen sur une note de M. Jos. Van den Bergen sur l'*Impression des images sur la rétine*.

— Dépôt aux archives.

Marche diurne de la vitesse du vent, à Uccle, les jours de pleine et de nouvelle Lune; par H. Arctowski.

Rapport de M. A. Lancaster.

« La recherche d'une influence de la Lune sur les phénomènes météorologiques a donné lieu à de nombreux travaux. On a surtout étudié cette influence au point de vue de la marche du baromètre, de la fréquence et de l'intensité de la pluie, de la nébulosité du ciel, etc. L'action lunaire sur le régime des vents a moins attiré l'attention, et en ce qui concerne la vitesse des courants aériens, jamais, pensons-nous, la possibilité de cette action n'a été examinée.

M. Arctowski, frappé de certaines relations qu'il a cru entrevoir entre la force du vent au sommet de la tour Eiffel et l'âge de la Lune, a voulu s'assurer, provisoirement au moins, de l'existence d'une pareille corrélation, et pour ce faire il a utilisé les observations anémométriques recueillies à Uccle pendant dix-sept années, de 1888 à 1904.

Nous n'entrerons pas dans le détail des procédés qu'il

a employés pour faire ressortir l'influence présumée. Nous renverrons à sa notice à ce sujet. Il nous suffira de dire que le résultat de sa recherche est le suivant : Les observations d'Uccle semblent montrer que l'amplitude de la marche diurne de la vitesse du vent pendant les jours de nouvelle Lune est plus grande que celle de la courbe des jours de pleine Lune.

Le résultat que j'ai obtenu, dit M. Arctowski en terminant son travail, est tel qu'il justifie de nouvelles recherches, au moyen des données d'autres stations météorologiques, placées dans des conditions spécialement favorables pour l'étude en vue. Provisoirement, il y a lieu d'admettre simplement la probabilité de l'existence d'une influence lunaire sur les variations de la vitesse du vent.

Nous engageons M. Arctowski à poursuivre ses recherches, et nous proposons à la Classe d'insérer sa notice, avec une réduction des deux diagrammes qui l'accompagnent, dans le *Bulletin* de la séance. » — Adopté.

Recherches sur la substitution métallique;
par A.-J.-J. Vandavelde et C.-E. Wasteels.

Rapport de M. W. Spring, premier commissaire.

« MM. Vandavelde et Wasteels présentent à l'Académie la suite de leurs recherches sur la substitution métallique. Jusqu'à présent, ils avaient étudié la substitution du cuivre par le zinc dans une solution de sulfate de cuivre, simple ou additionnée d'alcool, et constaté que le phénomène se compliquait par la production de sulfate basique

de zinc, même après la précipitation totale du cuivre. A présent, les auteurs ont examiné l'action exercée par diverses substances, électrolytes ou non, telles que le sucre, les sulfates de sodium, de magnésium, de zinc, le chlorure de sodium et enfin l'acide sulfurique.

Les observations recueillies représentent une somme considérable de travail; elles conduisent aux résultats que voici, tels qu'on peut les résumer en quelques mots :

Le *sucre* diminue la vitesse de la réaction; il se comporte donc comme l'alcool à cet égard, mais il s'en distingue par ce qu'il ne provoque pas au même degré la formation de sulfate basique de zinc. Les *électrolytes neutres*, au contraire, augmentent la vitesse de la réaction d'une façon générale, mais non proportionnellement à leur concentration. Au début, le précipité de cuivre est accompagné d'*hydroxyde de zinc*, et c'est vers la fin de la réaction seulement que se forment les *sulfates basiques*. Enfin, l'*acide sulfurique* exerce une action plus compliquée sur le phénomène de la précipitation du cuivre : quand il se trouve en très faible quantité, il paraît ralentir la réaction; dans le cas contraire, il l'active.

J'ai l'honneur de proposer l'insertion de ce mémoire dans le *Bulletin* de la séance. »

M. De Heen, second commissaire, déclarant se rallier aux conclusions du rapport de M. Spring, celles-ci sont adoptées par la Classe.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Sur quelques effets remarquables d'une augmentation brusque de vitesse d'une masse liquide; par G. Van der Mensbrugghe, membre de l'Académie.

On se rappelle que, depuis dix ans, j'ai signalé de nombreux effets de l'élasticité des liquides : j'ai pu rendre compte de faits vraiment étonnants, observés notamment par Savart et par Magnus; aujourd'hui je désire appeler très brièvement l'attention sur des effets singuliers produits par une augmentation brusque de vitesse dans une masse liquide.

En premier lieu, je signalerai l'arrêt momentané d'une veine liquide soumise à l'action de la pesanteur et soustraite à toute cause de mouvements vibratoires; la veine est sollicitée non seulement par la force contractile de la couche superficielle, mais encore par l'élasticité de traction développée par l'accroissement de vitesse; cet accroissement donne constamment lieu, dans toute la masse, à des augmentations de distances intermoléculaires, et l'on sait combien les liquides résistent à de pareilles augmentations. C'est cette résistance qui fait naître une force retardatrice, finissant par surmonter l'accélération due à la pesanteur; de là un arrêt qui ne dure, il est vrai, qu'une fraction de seconde, mais qui, néanmoins, a pu être observé.

En second lieu, je rappellerai une expérience imaginée par Joseph Plateau pour réaliser une lame cylindrique;

sous la direction de l'illustre physicien, on produisait l'écoulement de l'eau par une fente circulaire ayant 1 millimètre de largeur et pratiquée dans le fond horizontal d'un vase de 40 à 50 centimètres de hauteur. Même quand le vase était rempli et qu'ainsi l'écoulement avait lieu avec une vitesse initiale de 3 mètres environ, la figure engendrée n'était jamais cylindrique ; elle avait la forme d'une espèce de sac fortement tendu et s'appuyant sur la tige qui supportait le disque à l'intérieur du vase et laissait libre le petit espace circulaire de 1 millimètre de largeur.

Enfin, je puis actuellement rendre compte du paradoxe hydrodynamique consistant en ce qu'une embarcation qui a dépassé de 1 à 2 mètres l'ouverture d'amont d'un pont, le reste de la longueur étant encore engagé sous le pont, peut demeurer en équilibre malgré la violence du courant : Au moment où l'eau pénètre sous le pont, entre les culées et les bords de l'embarcation, tous les filets liquides qui acquièrent des accroissements de vitesse très brusques, deviennent par le fait même le siège de forces de traction d'autant plus intenses que les variations de vitesse ont été plus marquées. Voilà pourquoi l'équilibre stable de l'embarcation devient possible.

Si l'explication précédente est exacte, un cours d'eau se comporte comme un courant électrique, et obéit à la loi de Lenz.

N'ayant pas encore eu le temps de rédiger une note plus détaillée, je me borne aux brèves indications qui précèdent. Je désire seulement prendre date.

Nouvelle méthode pour l'établissement des formules de la trigonométrie sphérique; par G. Cesàro, professeur à l'Université de Liège.

Cette méthode, dans laquelle on ne fait aucune hypothèse sur la grandeur des faces a, b, c du trièdre et qui, par conséquent, donne des formules générales, a ceci de particulier que ces formules s'y déduisent directement de deux triangles rectilignes dont les côtés et les angles sont des fonctions des éléments du trièdre; par l'emploi des formules de la trigonométrie rectiligne, on obtient donc directement celles de la trigonométrie sphérique, sans que l'on ait besoin, pour l'établissement de l'une d'elles, de connaître les autres. Les *analogies de Néper* et les *formules de Delambre* se lisent, pour ainsi dire, sur le trièdre même; les formules d'Euler et de Lhuillier s'obtiennent en appliquant à l'un de ces triangles les formules de trigonométrie rectiligne qui donnent le cosinus d'un angle ou la tangente d'un demi-angle du triangle en fonction de ses côtés.

*
* *

TRIANGLE DES ÉLÉMENTS.

Prenons sur les arêtes du trièdre, à partir du sommet S (fig. 1), les distances

$$SD = SE = SH = 1;$$

le triangle DEH aura pour côtés : $2 \sin \frac{a}{2}$, $2 \sin \frac{b}{2}$, $2 \sin \frac{c}{2}$.
Construisons en K l'angle plan du dièdre A; les droites

KL, KM normales à l'arête SD rencontreront les bases des triangles isocèles SDH, SDE, quelle que soit la grandeur des faces du trièdre.

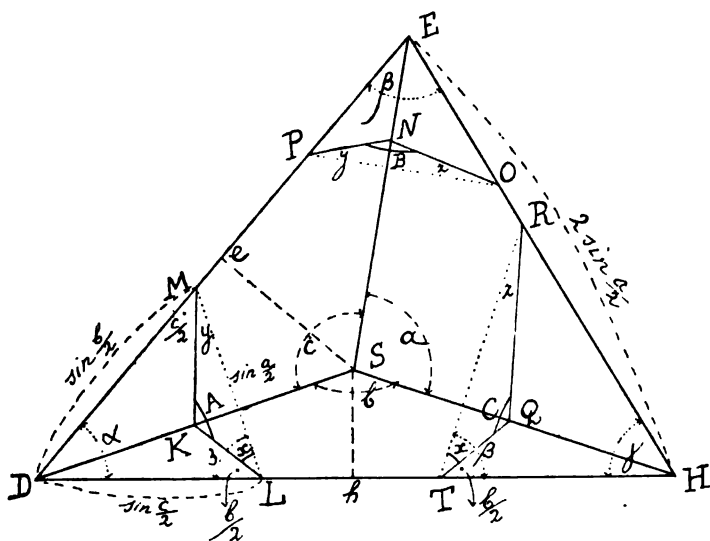


FIG. 1.

1° Je dis que les droites ML, EH sont antiparallèles; en effet, si l'on trace Sh, Se, médianes des triangles SDH, SDE, les quadrilatères SKLh, SKMe étant inscriptibles, on a

$$Dh \cdot DL = DS \cdot DK = De \cdot DM,$$

et, par conséquent,

$$DH \cdot DL = DE \cdot DM.$$

Si donc l'on suppose $ML = \sin \frac{a}{2}$, on aura

$$DL = \sin \frac{c}{2}, \quad DM = \sin \frac{b}{2}.$$

2° Je dis ensuite que les angles L, M du triangle LKM sont des fonctions simples des dièdres du trièdre. En effet, construisons en Q l'angle plan du dièdre C donnant en RT une droite antiparallèle à DE; les deux trièdres L. MKD, T. RQH ont deux faces égales chacune à chacune (β et $KLD = QTH = \frac{b}{2}$), comprenant le même angle dièdre (angle formé par la face SDH avec le plan EDH); donc les troisièmes faces de ces trièdres, marquées x sur la figure, sont égales entre elles. On ferait de même voir, en construisant l'angle plan du dièdre B en N, que les angles y sont égaux entre eux ainsi que les angles z .

Il en résulte que

$$x + y = 180^\circ - A$$

$$y + z = 180^\circ - B$$

$$x + z = 180^\circ - C.$$

D'où, en posant, comme d'habitude,

$$A + B + C - 180^\circ = 2E,$$

on tire

$$x + y + z = 180^\circ - E,$$

$$x = B - E$$

$$y = C - E$$

$$z = A - E.$$

On voit que le triangle KLM contient tous les éléments du trièdre : ses angles sont A, B-E, C-E; quant à ses côtés, on a

$$KL = \sin \frac{c}{2} \cos \frac{b}{2}, \quad KM = \sin \frac{b}{2} \cos \frac{c}{2}.$$

Ce triangle, représenté à part dans la figure 2, sera

appelé *triangle des éléments*. En lui appliquant les relations de la trigonométrie rectiligne, on obtiendra les formules de la trigonométrie sphérique. Ainsi :

« Si l'on considère un triangle rectiligne ayant pour

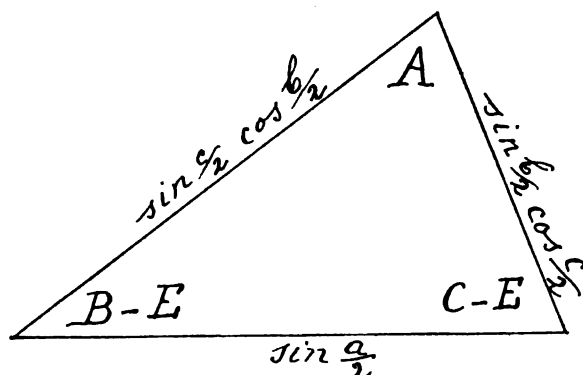


FIG. 2.

» angles les dièdres d'un trièdre dont deux ont été diminués
 » du demi-excès sphérique, A, B-E, C-E, les côtés opposés
 » seront respectivement proportionnels à $\sin \frac{a}{2}$, $\sin \frac{b}{2} \cos \frac{c}{2}$
 » et $\sin \frac{c}{2} \cos \frac{b}{2}$. »

*
 * *

TRIANGLE DÉRIVÉ.

La combinaison de deux triangles des éléments va nous donner un triangle rectiligne très simple dont l'un des angles est le demi-excès sphérique.

Par le sommet M (fig. 3) du triangle des éléments NAM, correspondant à l'angle A, traçons la droite MO

faisant un angle E avec AM; le triangle NMO sera le triangle des éléments relatif à C, car ses angles sont

$$C, \quad A - E, \quad B - E.$$

Les côtés opposés doivent être respectivement proportionnels à

$$\sin \frac{c}{2}, \quad \sin \frac{a}{2} \cos \frac{b}{2} \quad \text{et} \quad \sin \frac{b}{2} \cos \frac{a}{2},$$

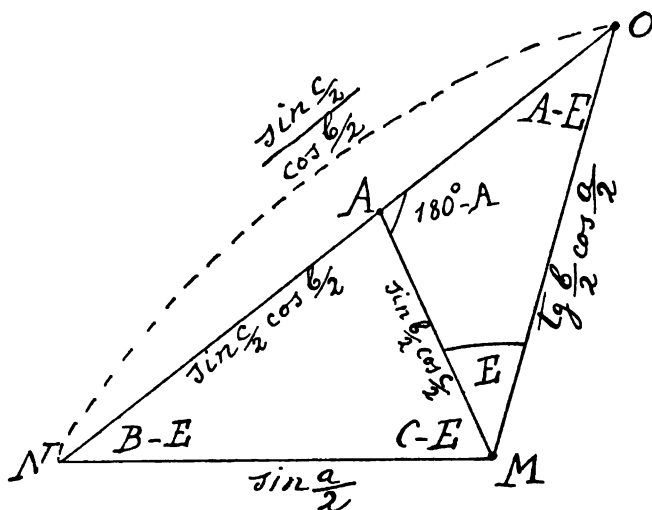


FIG. 3.

et, comme le côté opposé à A-E est

$$NM = \sin \frac{a}{2},$$

il s'ensuit que les autres côtés doivent être divisés par $\cos \frac{b}{2}$; donc

$$NO = \frac{\sin \frac{c}{2}}{\cos \frac{b}{2}}, \quad MO = \operatorname{tg} \frac{b}{2} \cos \frac{a}{2}.$$

Le troisième côté du triangle MAO, que nous appellerons *triangle dérivé*, sera

$$AO = \frac{\sin \frac{c}{2}}{\cos \frac{b}{2}} - \sin \frac{c}{2} \cos \frac{b}{2} = \sin \frac{c}{2} \sin \frac{b}{2} \operatorname{tg} \frac{b}{2}.$$

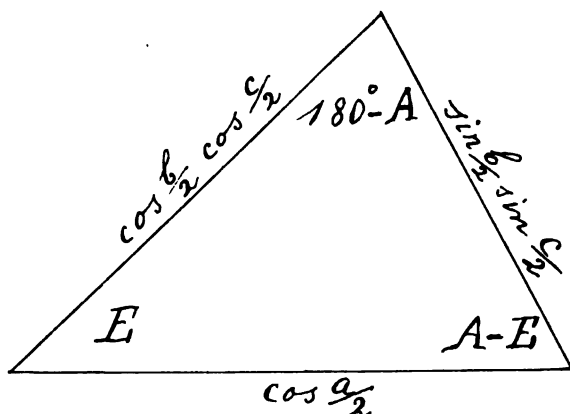


FIG. 4.

En divisant les trois côtés du triangle dérivé par $\operatorname{tg} \frac{b}{2}$, on obtient le résultat représenté par la figure 4 :

« Si l'on considère un triangle rectiligne ayant pour angles : le supplément d'un angle dièdre du trièdre, ce

» dièdre diminué du demi-excès sphérique et le demi-excès
 » sphérique, $180^\circ - A$, $A - E$ et E , les côtés opposés seront
 » respectivement proportionnels à $\cos \frac{a}{2}$, $\cos \frac{b}{2} \cos \frac{c}{2}$ et $\sin \frac{b}{2} \sin \frac{c}{2}$. »

Tels sont les deux triangles desquels nous allons tirer les formules de la trigonométrie sphérique, sans les déduire les unes des autres (*).

*
* *

ANALOGIES DE NÉPER.

En observant que la différence des angles à la base, dans le triangle des éléments (fig. 2), est $B - C$, et que dans un triangle rectiligne la tangente de la demi-différence de deux angles est à la tangente de leur demi-somme (ou à la cotangente de la moitié du troisième angle) comme la différence des côtés opposés est à leur somme, il vient

$$\frac{\operatorname{tg} \frac{B - C}{2}}{\cot \frac{A}{2}} = \frac{\sin \frac{b}{2} \cos \frac{c}{2} - \sin \frac{c}{2} \cos \frac{b}{2}}{\sin \frac{b}{2} \cos \frac{c}{2} + \sin \frac{c}{2} \cos \frac{b}{2}} = \frac{\sin \frac{b - c}{2}}{\sin \frac{b + c}{2}}.$$

La même propriété appliquée au triangle dérivé donne

$$\frac{\operatorname{tg} \frac{B + C}{2}}{\cot \frac{A}{2}} = \frac{\cos \frac{b - c}{2}}{\cos \frac{b + c}{2}}.$$

(*) On pourrait leur ajouter les deux triangles relatifs au trièdre supplémentaire, mais cela revient à remplacer a par $180^\circ - A$ et *vice versa* dans les formules obtenues à l'aide des deux premiers triangles.

En appliquant ces formules au trièdre supplémentaire, on obtient les deux autres analogies.

*
* *

FORMULES DE DELAMBRE.

La proportionnalité des côtés aux sinus des angles opposés donne, dans le triangle des éléments :

$$\frac{\sin \frac{a}{2}}{\sin A} = \frac{\sin \frac{b}{2} \cos \frac{c}{2}}{\sin (B - E)} = \frac{\sin \frac{c}{2} \cos \frac{b}{2}}{\sin (C - E)}$$

$$= \frac{\sin \frac{b+c}{2}}{\sin (B - E) + \sin (C - E)} = \frac{\sin \frac{b-c}{2}}{\sin (B - E) - \sin (C - E)},$$

ou

$$\frac{\sin \frac{a}{2}}{\sin A} = \frac{\sin \frac{b+c}{2}}{2 \cos \frac{A}{2} \cos \frac{B-C}{2}} = \frac{\sin \frac{b-c}{2}}{2 \sin \frac{A}{2} \sin \frac{B-C}{2}};$$

d'où :

$$\frac{\cos \frac{B-C}{2}}{\sin \frac{A}{2}} = \frac{\sin \frac{b+c}{2}}{\sin \frac{a}{2}} \quad \text{et} \quad \frac{\sin \frac{B-C}{2}}{\cos \frac{A}{2}} = \frac{\sin \frac{b-c}{2}}{\sin \frac{a}{2}}.$$

La même méthode appliquée au triangle dérivé donne les deux autres formules de Delambre.

*
* *

FORMULE D'EULER.

$$\cos E = \frac{1 + \cos a + \cos b + \cos c}{4 \cos \frac{a}{2} \cos \frac{b}{2} \cos \frac{c}{2}}.$$

Pour l'obtenir, il suffit de calculer dans le triangle dérivé (fig. 4) le cosinus de l'angle E en fonction des côtés. On a

$$\begin{aligned} \sin^2 \frac{b}{2} \sin^2 \frac{c}{2} &= \cos^2 \frac{b}{2} \cos^2 \frac{c}{2} + \cos^2 \frac{a}{2} - 2 \cos \frac{a}{2} \cos \frac{b}{2} \cos \frac{c}{2} \cos E, \\ 4 \cos \frac{a}{2} \cos \frac{b}{2} \cos \frac{c}{2} \cos E &= 2 \cos^2 \frac{a}{2} + 2 \cos \frac{b+c}{2} \cos \frac{b-c}{2} \\ &= 1 + \cos a + \cos b + \cos c. \end{aligned}$$

*
* *

FORMULE DE LHUILIER.

$$\operatorname{tg}^2 \frac{E}{2} = \operatorname{tg} \frac{p}{2} \operatorname{tg} \frac{p-a}{2} \operatorname{tg} \frac{p-b}{2} \operatorname{tg} \frac{p-c}{2}.$$

Il faut calculer dans le triangle dérivé la tangente du demi-angle $\frac{E}{2}$ en fonction des côtés. A cet effet, on peut soit opérer comme ci-dessus et calculer $\sin^2 \frac{E}{2}$ et $\cos^2 \frac{E}{2}$ en fonction des côtés, soit employer directement la formule

$$\operatorname{tg}^2 \frac{A'}{2} = \frac{(p' - b')(p' - c')}{p'(p' - a')}$$

donnant l'angle A' d'un triangle rectiligne dont les côtés sont a' , b' , c' et le périmètre $2p'$. Dans notre cas,

$$2p' = \cos \frac{a}{2} + \cos \frac{b-c}{2}, \quad 2p' - 2a' = \cos \frac{a}{2} + \cos \frac{b+c}{2},$$

$$2p' - 2b' = \cos \frac{b-c}{2} - \cos \frac{a}{2}, \quad 2p' - 2c' = \cos \frac{a}{2} - \cos \frac{b+c}{2};$$

par conséquent,

$$\operatorname{tg}^2 \frac{E}{2} = \frac{\cos \frac{b-c}{2} - \cos \frac{a}{2}}{\cos \frac{b-c}{2} + \cos \frac{a}{2}} \cdot \frac{\cos \frac{a}{2} - \cos \frac{b+c}{2}}{\cos \frac{a}{2} + \cos \frac{b+c}{2}},$$

et, comme

$$\frac{\cos \alpha - \cos \beta}{\cos \alpha + \cos \beta} = \operatorname{tg} \frac{\alpha + \beta}{2} \operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2},$$

$$\operatorname{tg}^2 \frac{E}{2} = \operatorname{tg} \frac{a+b-c}{4} \cdot \operatorname{tg} \frac{a-b+c}{4} \cdot \operatorname{tg} \frac{a+b+c}{4} \cdot \operatorname{tg} \frac{b+c-a}{4}, \text{ etc.}$$

*
* *

RELATIONS ENTRE QUATRE ÉLÉMENTS.

a) *Relation entre trois côtés et un angle.* — Il suffit d'écrire la relation entre les trois côtés et l'angle A du triangle rectiligne des éléments :

$$\sin^2 \frac{a}{2} = \sin^2 \frac{b}{2} \cos^2 \frac{c}{2} + \sin^2 \frac{c}{2} \cos^2 \frac{b}{2} - \frac{1}{2} \sin b \sin c \cos A,$$

ou, en multipliant par 2,

$$\begin{aligned} 1 - \cos a &= (1 + \cos c) \sin^2 \frac{b}{2} + (1 - \cos c) \cos^2 \frac{b}{2} - \sin b \sin c \cos A \\ &= 1 - \cos c \cos b - \sin b \sin c \cos A; \\ \cos a &= \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A. \end{aligned}$$

REMARQUE. — S'il s'agit d'avoir l'angle en fonction des côtés, on appliquera directement au triangle des éléments une des formules donnant son demi-angle en fonction de ses côtés, par exemple

$$\cos^2 \frac{A'}{2} = \frac{p'(p' - a')}{b'c'}.$$

Dans notre cas,

$$2p' = \sin \frac{b+c}{2} + \sin \frac{a}{2} = 2 \sin \frac{p}{2} \cos \frac{p-a}{2}$$

$$2p' - 2a' = \sin \frac{b+c}{2} - \sin \frac{a}{2} = 2 \sin \frac{p-a}{2} \cos \frac{p}{2};$$

d'où

$$\cos^2 \frac{A}{2} = \frac{\sin p \sin (p-a)}{\sin b \sin c}.$$

b) *Relation entre deux côtés et les angles opposés.* — On a dans le triangle (A) des éléments

$$\frac{\sin \frac{a}{2}}{\sin A} = \frac{\sin \frac{c}{2} \cos \frac{b}{2}}{\sin (C-E)}$$

et, dans le triangle (B),

$$\frac{\sin \frac{b}{2}}{\sin B} = \frac{\sin \frac{c}{2} \cos \frac{a}{2}}{\sin (C-E)} (*).$$

En divisant membre à membre, il vient

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B}.$$

(*) C'est-à-dire changeant a en b et *vice versa*.

c) *Relation entre trois angles et un côté.* — Dans la formule

$$\frac{\sin \frac{a}{2}}{\sin A} = \frac{\sin \frac{c}{2} \cos \frac{b}{2}}{\sin (C - E)}$$

changeons a en c et *vice versa* :

$$\frac{\sin \frac{c}{2}}{\sin C} = \frac{\sin \frac{a}{2} \cos \frac{b}{2}}{\sin (A - E)}$$

et, en multipliant membre à membre,

$$\cos^2 \frac{b}{2} = \frac{\sin (A - E) \sin (C - E)}{\sin A \sin C}.$$

Pour la mettre sous la forme habituelle, chassons les dénominateurs, doublons les deux membres et remplaçons le double produit de sinus du second membre par une différence de cosinus :

$$(1 + \cos b) \sin A \sin C = \cos (A - C) + \cos B, \\ \cos B = -\cos A \cos C + \sin A \sin C \cos b.$$

d) *Relation entre deux côtés, l'angle compris et un angle opposé.* — La manière la plus directe d'obtenir la formule

$$\cot a \sin b = \cos b \cos C + \sin C \cot A$$

est d'éliminer B entre les deux analogies qui se lisent sur le triangle des éléments et sur le triangle dérivé :

$$\frac{\operatorname{tg} \frac{A+B}{2}}{\cot \frac{C}{2}} = \frac{\cos \frac{a-b}{2}}{\cos \frac{a+b}{2}}, \quad \frac{\operatorname{tg} \frac{A-B}{2}}{\cot \frac{C}{2}} = \frac{\sin \frac{a-b}{2}}{\sin \frac{a+b}{2}}.$$

On effectue rapidement cette élimination, en partant de

$$A = \frac{A + B}{2} + \frac{A - B}{2}.$$

On a, successivement :

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} A &= \cot \frac{C}{2} \cdot \frac{\frac{\cos \frac{a-b}{2}}{\cos \frac{a+b}{2}} + \frac{\sin \frac{a-b}{2}}{\sin \frac{a+b}{2}}}{1 - \cot^2 \frac{C}{2} \frac{\sin(a-b)}{\sin(a+b)}} \\ \operatorname{tg} A &= \sin C \frac{\sin a}{\sin(a+b) \sin^2 \frac{C}{2} - \sin(a-b) \cos^2 \frac{C}{2}} \\ &= \sin C \cdot \frac{\sin a}{\cos a \sin b - \sin a \cos b \cos C}; \\ \cot a \sin b &= \cos b \cos C + \sin C \cot A. \end{aligned}$$

NOTE. — La relation *b)* entre deux côtés et les angles opposés peut aussi s'obtenir par les deux méthodes suivantes :

a) Le triangle dérivé (fig. 4) donne

$$\frac{\cos \frac{a}{2}}{\sin A} = \frac{\sin \frac{b}{2} \sin \frac{c}{2}}{\sin E},$$

et, en multipliant les deux membres par $2 \sin \frac{a}{2}$,

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{2 \sin \frac{a}{2} \sin \frac{b}{2} \sin \frac{c}{2}}{\sin E}.$$

β) En éliminant C entre les deux analogies de Néper reliant A, B, C, a, b, il vient

$$\frac{\operatorname{tg} \frac{A+B}{2}}{\operatorname{tg} \frac{A-B}{2}} = \frac{\operatorname{tg} \frac{a+b}{2}}{\operatorname{tg} \frac{a-b}{2}};$$

d'où, en observant que

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta} = \frac{\sin (\alpha + \beta)}{\sin (\alpha - \beta)},$$

$$\frac{\sin A}{\sin B} = \frac{\sin a}{\sin b}.$$

*
* *

La méthode précédente peut aussi donner directement, c'est-à-dire sans l'emploi d'aucune formule de trigonométrie sphérique, les formules relatives aux rayons sphériques des cercles inscrit et circonscrit à un triangle sphérique, parce que les hauteurs des triangles rectilignes des éléments, ou les surfaces de ces triangles, sont des fonctions simples de ces rayons.

*
* *

SURFACE DES TRIANGLES DES ÉLÉMENTS ET DES TRIANGLES DÉRIVÉS.

Il est facile de s'assurer que les six triangles rectilignes, tels que nous les avons construits (*), ont même

(*) C'est-à-dire ayant pour bases $\sin \frac{a}{2}$ et $\cos \frac{a}{2}$.

surface. En effet : chaque triangle des éléments est équivalent à son dérivé,

$$S = \frac{1}{8} \sin b \sin c \sin A, \quad (1)$$

autour des sommets A et $180^\circ - A$; en outre, les trois triangles dérivés ont pour aire commune, autour de leur angle E,

$$S = \frac{1}{2} \cos \frac{a}{2} \cos \frac{b}{2} \cos \frac{c}{2} \sin E (*). \quad (2)$$

Cette surface, calculée en fonction des côtés, dans l'un des six triangles rectilignes, a pour expression

$$S = \frac{1}{4} \sqrt{\sin p \sin (p - a) \sin (p - b) \sin (p - c)}. \quad (3)$$

Pour obtenir S en fonction des angles, on peut remplacer dans (2) le produit $\cos \frac{a}{2} \cos \frac{b}{2} \cos \frac{c}{2}$ en fonction des angles : le triangle dérivé donne

$$\frac{\cos \frac{b}{2} \cos \frac{c}{2}}{\cos \frac{a}{2}} = \frac{\sin (A - E)}{\sin A};$$

la multiplication membre à membre des trois formules analogues donne le produit cherché, et

$$S = \frac{\sin E \sin (A - E) \sin (B - E) \sin (C - E)}{2 \sin A \sin B \sin C}.$$

(*) La surface de chacun des six triangles rectilignes du trièdre supplémentaire est donnée par

$$S_r = \frac{1}{8} \sin B \sin C \sin a = \frac{\sin A}{\sin a} \cdot S.$$

*
* *RAYON ρ DU CERCLE CIRCONSCRIT.

Prenons sur les arêtes du trièdre de sommet O (fig. 5) des distances

$$OA = OB = OC = 1,$$

et construisons en K le triangle des éléments ayant pour

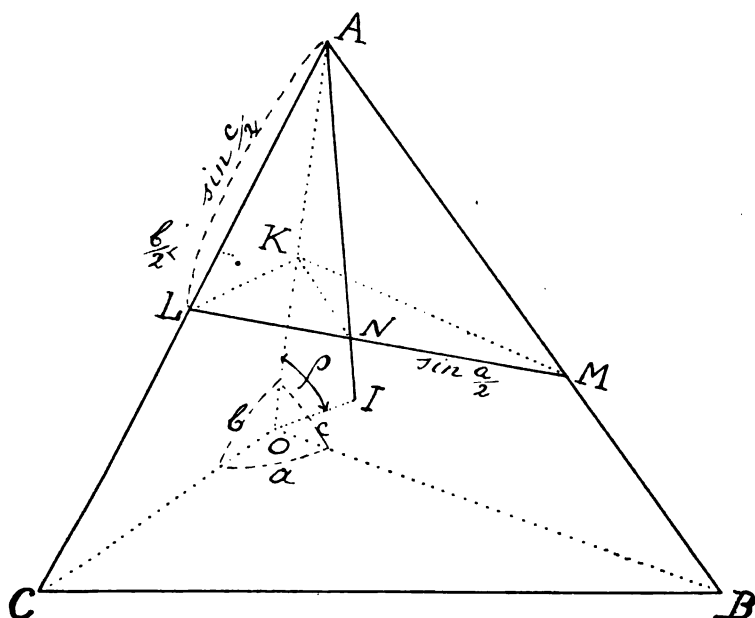


FIG. 5.

base $\sin \frac{a}{2}$. La droite OI perpendiculaire au plan ABC sera également inclinée sur les trois arêtes du trièdre sous un angle ρ qui correspond au rayon sphérique du

petit cercle qui, sur la sphère de centre O et de rayon 1, passe par les points A, B, C. Le plan AOI, déterminé par les normales au plan ABC, KML, est perpendiculaire à l'intersection ML de ces plans, de sorte que KN est une hauteur du triangle des éléments. On a

$$KN = AK \cot \rho, \text{ et } AK = \sin \frac{b}{2} \sin \frac{c}{2}.$$

Donc la hauteur issue du sommet A du triangle des éléments (fig. 6) a pour valeur

$$h_a = \sin \frac{b}{2} \sin \frac{c}{2} \cot \rho \quad (4)$$

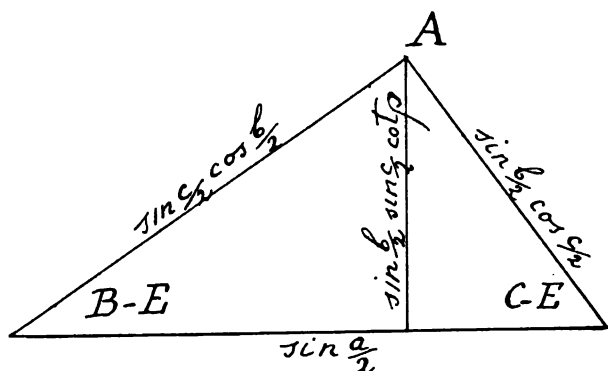


FIG. 6.

On peut donc calculer, dans le triangle des éléments, par les formules de la trigonométrie rectiligne, le rayon sphérique du cercle circonscrit au triangle sphérique.

En multipliant les deux membres de (4) par $\sin \frac{a}{2}$, on peut aussi écrire

$$2S = \sin \frac{a}{2} \sin \frac{b}{2} \sin \frac{c}{2} \cot \rho. \quad (5)$$

En égalant le second membre de cette relation au produit de deux côtés quelconques de l'un des six triangles rectilignes par le sinus de l'angle qu'ils comprennent, on obtient les différentes expressions de ρ . Ainsi :

a) En mesurant $2S$ autour de l'angle E d'un des triangles dérivés, on a

$$\cot \rho = \cot \frac{a}{2} \cot \frac{b}{2} \cot \frac{c}{2} \sin E. \quad (6)$$

b) On obtient ρ en fonction des côtés en remplaçant dans (5) la surface du triangle des éléments en fonction de ses côtés (3) :

$$\cot \rho = \frac{\sqrt{\sin p \sin (p-a) \sin (p-b) \sin (p-c)}}{2 \sin \frac{a}{2} \sin \frac{b}{2} \sin \frac{c}{2}}. \quad (7)$$

c) Pour obtenir ρ en fonction des angles, on peut, par exemple, remplacer dans (6) le produit $\cot \frac{a}{2} \cot \frac{b}{2} \cot \frac{c}{2}$, que les triangles dérivés donnent immédiatement en fonction des angles ; il vient

$$\cot \rho = \frac{1}{\sin E} \sqrt{\sin E \sin (A-E) \sin (B-E) \sin (C-E)}, \text{ etc. } (8)$$

*
**RAYON r DU CERCLE INSCRIT.

Il serait facile de démontrer que la surface S du triangle des éléments est aussi une fonction simple du rayon du cercle inscrit (*); mais r se déduit si simplement de ρ , qu'il est inutile de recourir à cette propriété. Pour passer de ρ à r , on se base sur le théorème suivant, presque évident :

THÉORÈME. — *Le centre du cercle inscrit à un triangle sphérique coïncide avec le centre du cercle circonscrit au triangle polaire et les rayons de ces cercles sont complémentaires.*

Il suit de là que : pour passer de ρ à r , il faut remplacer dans l'expression ρ par $90^\circ - r$ et a, b, c, A, B, C respectivement par $180^\circ - A, 180^\circ - B, 180^\circ - C, 180^\circ - a, 180^\circ - b, 180^\circ - c$ (**). Ainsi les formules (6), (7) et (8) deviennent

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} r &= \operatorname{tg} \frac{A}{2} \operatorname{tg} \frac{B}{2} \operatorname{tg} \frac{C}{2} \sin p, \\ \operatorname{tg} r &= \frac{\sqrt{\sin E \sin (A - E) \sin (B - E) \sin (C - E)}}{2 \cos \frac{A}{2} \cos \frac{B}{2} \cos \frac{C}{2}}, \\ \operatorname{tg} r &= \frac{1}{\sin p} \sqrt{\sin p \sin (p - a) \sin (p - b) \sin (p - c)}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

(*) $S = \frac{1}{4} \sin p \operatorname{tg} r$.

(**) E est remplacé par $180^\circ - p$, $A - E$ par $p - a$, etc.

*
* *

RAYON DES CERCLES EX-INSCRITS.

En prolongeant les côtés d'un triangle sphérique jusqu'à ce qu'ils se coupent, on obtient trois nouveaux triangles; désignons par ρ_a et r_a les rayons du cercle circonscrit et du cercle inscrit de celui des triangles qui a été obtenu par le prolongement des côtés b et c . Ce triangle diffère du primitif en ce que b et c y sont remplacés respectivement par $\pi - b$ et $\pi - c$ et B et C par $\pi - B$ et $\pi - C$. On a donc les formules générales :

$$\rho = f(a, b, c, A, B, C),$$

$$\frac{\pi}{2} - r = f(\pi - A, \pi - B, \pi - C, \pi - a, \pi - b, \pi - c)$$

$$\rho_a = f(a, \pi - b, \pi - c, A, \pi - B, \pi - C),$$

$$\frac{\pi}{2} - r_a = f(\pi - A, B, C, \pi - a, b, c).$$

Ainsi, la formule (6) donne (9) et

$$\cot \rho_a = \cot \frac{a}{2} \operatorname{tg} \frac{b}{2} \operatorname{tg} \frac{c}{2} \sin (A - E),$$

$$\operatorname{tg} r_a = \operatorname{tg} \frac{A}{2} \cot \frac{B}{2} \cot \frac{C}{2} \sin (p - a), \text{ etc.}$$

NOTE

Le *triangle* que nous avons appelé *dérivé* peut être obtenu par une méthode tout à fait différente de celle qui nous l'a donné :

Le triangle dérivé est le triangle des éléments du trièdre ayant une face commune avec le trièdre considéré et dont la troisième arête est le prolongement de la troisième arête de ce trièdre.

En effet, en supposant que b soit la face commune, les éléments du second trièdre sont

$$180^\circ - a, b, 180^\circ - c, \quad 180^\circ - A, B, 180^\circ - C;$$

son excès sphérique est

$$2E' = 2(B - E) (*).$$

Un des triangles des éléments de ce trièdre aura donc pour angles

$$180^\circ - A, B - (B - E) = E, 180^\circ - C - (B - E) = A - E.$$

Quant aux côtés, ils s'obtiendront en remplaçant a et c par leurs suppléments dans les expressions des côtés du triangle (A) des éléments du premier trièdre; on obtient

$$\cos \frac{a}{2}, \quad \sin \frac{b}{2} \sin \frac{c}{2}, \quad \cos \frac{c}{2} \cos \frac{b}{2}.$$

(*) Ceci se voit, sans calcul, sur la sphère, car les deux triangles sphériques qu'y déterminent les trièdres dont il s'agit forment ensemble le fuseau B, dont la surface a pour mesure $2B$.

Marche diurne de la vitesse du vent, à Uccle, les jours de pleine et de nouvelle Lune; par Henryk Arctowski.

Ayant trouvé que les vitesses maxima du vent enregistrées à la tour Eiffel semblent dépendre de l'âge de la Lune, et ayant également constaté une certaine relation entre la force du vent, à Uccle, et les phases lunaires, il m'a paru nécessaire, avant de poursuivre ces recherches, de m'assurer de l'existence d'une corrélation entre la position de la Lune et la vitesse du vent par une méthode d'investigation plus directe.

Pour le moment, il m'importe peu de savoir comment l'influence lunaire peut s'exercer, car tout est de voir, pour commencer, si la Lune a vraiment une certaine action sur les phénomènes atmosphériques et si son influence est telle que la vitesse du vent en dépend d'une façon appréciable.

La marche diurne de la vitesse du vent m'a semblé devoir fournir le critérium voulu.

Si, en effet, nous ne prenons en considération que les jours de pleine et de nouvelle Lune, le maximum diurne de la variation devra être diminué dans le premier cas et augmenté de l'action lunaire dans le second, la Lune étant en opposition ou passant par le méridien approximativement en même temps que le Soleil; le minimum de la variation devra du reste être plus accentué les nuits de nouvelle Lune si, par hypothèse, l'action exercée par la Lune sur l'atmosphère est telle qu'en dehors de phénomènes plus compliqués, il existe également une relation directe, en quelque sorte immédiate, entre la position de la Lune et les mouvements de l'air.

Pourtant, même cette façon la plus simple d'aborder le problème ne doit pas forcément nous mener de suite à sa résolution. Ce n'est, en effet, qu'en prenant les moyennes d'une série d'observations suffisamment longue que l'on peut espérer obtenir une certaine marche du phénomène régulière et assez constante pour être formulée ou même énoncée comme loi. On procède de la sorte à l'élimination des variables considérées comme étant accidentelles.

La série des observations d'Uccle ne comporte, jusque janvier 1905, que 206 lunaisons. Ce n'est donc que dans le cas où la variable due à l'action lunaire n'est pas suffisamment négligeable pour produire une anomalie bien accentuée dans les courbes ne résultant que de 412 journées d'observation et dans le cas où 206 jours suffisent pour l'élimination d'autres variables, non périodiques, ce n'est que dans ce cas que la série des observations d'Uccle, envisagée comme je l'ai fait, peut être considérée comme suffisante.

Si le résultat des calculs n'était pas tout à fait en faveur de l'hypothèse d'une influence lunaire (très faible, il est vrai, mais appréciable néanmoins), si ce résultat était franchement négatif, on pourrait, éventuellement, se contenter du nombre de jours utilisés ; mais, comme cela n'est pas le cas, il y a tout lieu de faire encore d'autres calculs analogues, à l'aide des données d'autres observations, et (en attendant les résultats de ces calculs) de considérer le problème comme étant simplement posé et non encore résolu.

Cela dit, passons aux chiffres.

Les observations anémométriques de l'Observatoire d'Uccle ont été commencées en mai 1888. Sauf pour 22,

23 et 24 heures du 30 mai 1893, la série des dépouillements des feuilles de l'anémomètre de Robinson ne présente aucune lacune pour les jours de pleine et de nouvelle Lune. Les vitesses sont données en kilomètres par heure, c'est-à-dire que le chiffre renseigné pour 1 heure indique le chemin parcouru par le vent de 0 à 1 heure, etc. Les observations de 1888 à 1899 sont publiées *in extenso* dans les volumes VI, VII, VIII, IX, XIII et XIV des *Annales météorologiques*, celles des années 1900 et 1901 sont sous presse, et les autres renseignements nécessaires ont été copiés des feuilles manuscrites préparées pour l'impression.

J'ai fait les calculs des moyennes en trois séries (1888 à 1895, 1896 à 1899 et 1900 à 1904), mais j'ai également formé les sommes pour chaque année distinctement, chiffres qui ne présentent évidemment que peu d'intérêt, les années ne comportant que 24 ou 25 jours, pris en considération. Les dates des jours de pleine Lune et de nouvelle Lune ont été prises dans les *Annuaire de l'Observatoire*.

Les moyennes de la première série sont intéressantes à considérer. Le tableau I les renseigne. Le graphique ci-après (pl. I) permet de constater aisément la différence très notable qu'il y a (dans l'amplitude de la variation surtout) entre les courbes donnant la marche diurne pour les jours de pleine et de nouvelle Lune.

Ces chiffres, et les courbes de la planche I, ne représentant le résultat moyen que de 190 jours d'observation, il était intéressant de vérifier les déductions que l'on peut en tirer en formant les moyennes pour tout l'ensemble des journées utilisables.

(458)

TABLEAU I.

(1888-1895.)

HEURES.	○	●
	kilom.	kilom.
1	14,91	13,75
2	14,41	13,43
3	14,10	13,45
4	13,75	13,69
5	13,08	13,28
6	13,32	13,36
7	14,07	14,53
8	14,71	14,78
9	15,19	15,63
10	16,64	17,04
11	17,55	18,33
12	18,12	18,93
13	18,28	19,27
14	18,15	18,95
15	18,04	18,62
16	17,14	17,50
17	16,38	16,71
18	16,03	15,32
19	15,33	14,38
20	15,04	13,70
21	14,09	13,43
22	13,75	13,19
23	13,63	12,30
24	14,29	13,13

(459)

TABLEAU II.

(1888-1904.)

HEURES.	○	●
	kilom.	kilom.
1	14,13	12,85
2	14,02	12,57
3	14,02	12,66
4	14,07	12,65
5	13,58	12,49
6	13,74	12,60
7	14,29	13,44
8	14,96	13,80
9	15,76	14,57
10	16,49	15,37
11	17,67	16,38
12	18,03	17,69
13	18,28	18,17
14	18,42	18,03
15	18,33	17,61
16	17,53	16,87
17	16,59	16,06
18	15,94	15,03
19	15,00	14,25
20	14,49	13,58
21	13,81	13,08
22	13,68	12,52
23	13,75	12,13
24	13,80	12,27

Les 49 lunaisons de la seconde série d'années fournissent un résultat semblable au précédent ; la différence des maxima est moindre, mais la différence des amplitudes des deux courbes reste la même et le maximum nocturne de la courbe des jours de pleine Lune est tout aussi accentué que pour la première série.

La troisième série, par contre, donne pour les jours de pleine Lune des moyennes beaucoup plus élevées que pour ceux de nouvelle Lune, ce qui affecte évidemment les moyennes globales.

Les résultats d'ensemble, c'est-à-dire les moyennes de 206 jours de pleine Lune et de 206 jours de nouvelle Lune, sont renseignés dans le tableau II, chiffres que la planche II traduit graphiquement.

Afin de rendre la comparaison plus aisée, l'échelle de la courbe de nouvelle Lune a été déplacée de la quantité voulue pour que les deux courbes viennent à se superposer en partie.

On constate ainsi tout de suite que l'amplitude de la courbe de nouvelle Lune est plus grande que celle de la marche diurne de la vitesse du vent pendant les jours de pleine Lune. On voit également que les deux courbes sont, à peu de chose près, identiques entre 6 et 11 heures et entre 16 et 21 heures, tandis que le maximum du jour est notablement plus prononcé les jours de nouvelle Lune, c'est-à-dire lorsque le Soleil et la Lune sont en conjonction. En outre, le minimum de la courbe de nouvelle Lune est plus accentué, tandis que la courbe de pleine Lune semble démontrer l'existence d'un maximum nocturne compris entre 22 et 3 heures du matin.

Les amplitudes des deux courbes étant :

● 6km04

○ 4km34

HENRYK ARCTOWSKI, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*
(Classe des sciences). nos 9-10, 1905.

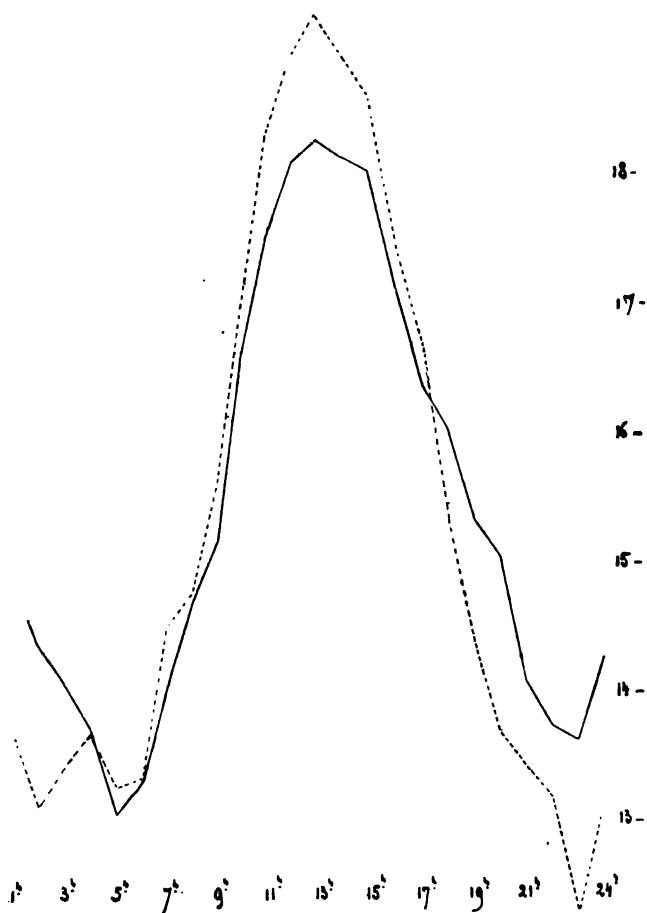


PLANCHE I.

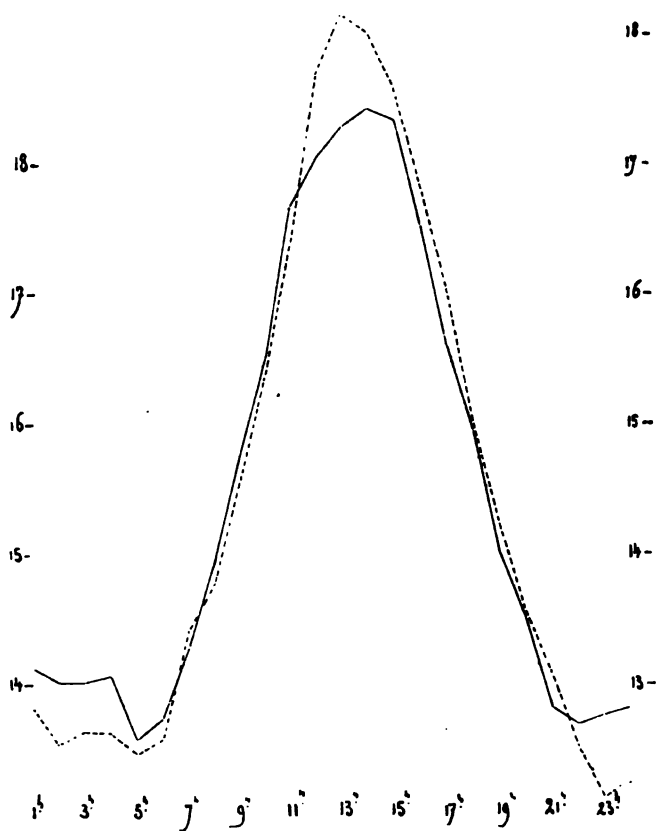


PLANCHE II.

la différence pourrait nous servir à estimer l'intensité de l'influence lunaire sur la variation par rapport à celle du Soleil. Mais il y a lieu de se garder de pareilles spéculations tant que la différence dans les courbes des marches diurnes n'aura pas été constatée également à l'aide d'autres observations que celles de l'Observatoire royal de Belgique, car, s'il s'agit bien d'un phénomène naturel, et non pas d'un ensemble de coïncidences purement accidentelles, ce phénomène doit nécessairement être général.

Le résultat que j'ai obtenu est donc tel qu'il justifie de nouvelles recherches; mais il est bien certain que ce n'est que dans le cas où les différences observées auront été vérifiées à l'aide des données d'autres stations météorologiques que l'on pourra considérer l'influence de la Lune, sur la variation diurne de la vitesse du vent, comme étant un fait démontré. Provisoirement, il y a simplement lieu d'admettre la probabilité de l'existence d'une telle influence.

Bruxelles, le 23 mai 1905.

Recherches sur la substitution métallique (troisième communication); par A.-J.-J. Vandeveld, directeur du laboratoire de la ville de Gand, et C.-E. Wasteels, répétiteur à l'Université de Gand.

Après avoir fait l'étude de la substitution métallique du cuivre par le zinc aux dépens du sulfate de cuivre (*), nous avons recherché quelle était l'influence des électrolytes et des non-électrolytes sur ce phénomène. Nous avons déjà précédemment étudié l'action de l'alcool (**)

(*) *Recherches sur la substitution métallique*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], première communication, 1902, pp. 793-839; deuxième communication, 1904, pp. 331-360.)

(**) *Loc. cit.*, deuxième communication.

et constaté que cette substance agit différemment d'après la température et produit, dans les stades avancés de la réaction, une accélération de vitesse de dissolution du zinc métallique. Nous avons expliqué ce phénomène en admettant que l'alcool accélère la production du sulfate basique de zinc qui précipite en même temps que le cuivre métallique et après que le cuivre a complètement disparu de la solution.

Il nous a paru intéressant d'étudier l'action d'autres substances, et c'est le résultat de cette recherche qui fait l'objet de notre troisième communication. Il est certain que les électrolytes et les non-électrolytes exercent sur la réaction de substitution une influence variable; les non-électrolytes et les électrolytes sans fonction acide ou basique, qui n'exercent, par conséquent, pas d'action dissolvante sur le métal et, par suite, pas d'action directe sur le phénomène, modifient cependant profondément les coefficients de diffusibilité et de conductibilité des solutions, et doivent faire varier la vitesse de la substitution.

D'autre part, les électrolytes acides ou basiques sont susceptibles d'agir directement sur les phénomènes purement chimiques, et leur action s'exerce non seulement sur la diffusibilité et la conductibilité, mais sur l'attaque du métal lui-même qui provoque la substitution.

Nous étudierons successivement, dans cet ordre d'idées, l'action des non-électrolytes, tels que l'alcool et le saccharose, l'action des électrolytes neutres, notamment les sulfates de sodium, de magnésium et de zinc et le chlorure de sodium, enfin l'action des électrolytes acides, notamment l'acide sulfurique.

Nous avons suivi la même technique que dans nos

recherches précédentes (*) : 20 fragments égaux (3 centim.) de fil de zinc pur, pesant ensemble de 12 à 12^{gr}5, sont déposés par groupes de deux, au fond de chacun des vases d'une série de dix, chaque vase contenant 25 centimètres cubes de solution de sulfate de cuivre d'une concentration de 4 GV % $\text{CuSO}_4 + 5 \text{H}_2\text{O}$, soit 2.57 GV % CuSO_4 ou 1.02 GV % Cu. La concentration en cuivre restant toujours la même, les solutions contenaient des quantités déterminées des substances à étudier. La perte de poids des vingt fragments de zinc d'une part, et l'analyse du liquide où la substitution s'était accomplie et du précipité formé, nous ont permis de suivre le phénomène à ses différentes phases. Toutes nos recherches ont été effectuées à la température constante de 25° C.

La vitesse initiale de la réaction a été calculée d'après la formule

$$v_0 = 2,3026 aK,$$

que nous avons établie dans notre première communication (**). Rappelons que les quantités K et a se déterminent au moyen des valeurs x_1, x_2, x_3, x_4 , qui représentent respectivement la perte de poids % du zinc métallique après une, deux, trois et quatre heures (***), d'après les formules

$$K = \frac{x_2 x_3 - x_1 x_4}{x_2 + x_3 - (x_1 + x_4)},$$

$a =$ moyenne arithmétique des valeurs de $\frac{1}{t} \log \frac{K}{K-x}$.

(*) *Loc. cit.*, deuxième communication, p. 332.

(**) *Loc. cit.*, première communication, formules 11, 12 (p. 820) et 22 (p. 824).

(***) Exceptionnellement, dans le cas du chlorure de sodium, nous nous sommes servis des résultats obtenus après une, deux, trois et quatre demi-heures.

Dans deux cas cependant, comme on le verra par la suite, nous ne nous sommes servis que des trois premières valeurs x_1 , x_2 , x_3 pour le calcul de K, cette nouvelle valeur de K conduisant, dans les cas en question, à une représentation analytique plus satisfaisante de la vitesse réactionnelle.

Ces formules ne sont malheureusement pas susceptibles d'une application systématique dans les divers cas que nous avons étudiés. Nous nous bornerons donc au calcul de la vitesse réactionnelle initiale dans les cas les plus simples. Il est d'ailleurs certain que le phénomène de la substitution métallique est autrement compliqué que celui d'une réaction en milieu homogène, comme une saponification ou une éthérification; cette complexité justifie parfaitement ces paroles de W. Ostwald (*): « Die vorstehend geschilderten Fälle der chemischen Vorgänge umfassen keineswegs alle vorkommenden. Sie sind vielmehr Grenzfälle, denen sich die Erscheinungen mehr oder weniger nähern, die sie aber streng genommen nie erreichen können. Zunächst findet die in der Rechnung vorausgesetzte Einfachkeit und Einheitlichkeit der Reaktion selten statt. Vielmehr verlaufen fast immer mehrere Vorgänge gleichzeitig, und nur wenn einer allen anderen numerisch stark überlegen ist, entsteht ein scheinbar einfacher Vorgang. Es ist das ein Verhalten, wie es uns überall in der Natur entgegentritt, wo sich fast überall mehrere Wirkungen gleichzeitig bethätigen, und wo wir die Gesetze einer einzelnen Wirkung nur feststellen können, wenn wir die anderen entweder auf experimen-

(*) *Grundriss der allgemeinen Chemie*, p. 295.

tellem oder auf rechnerischem Wege so vollständig als möglich eliminieren. »

Nous passerons successivement en revue l'action des non-électrolytes, des électrolytes neutres et des électrolytes acides que nous avons soumis à l'expérience. Nous rappelons dans le tableau suivant les chiffres que nous avons obtenus dans le cas de la solution pure de sulfate de cuivre :

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc		$K = 24.55$ — $\frac{1}{t} \log \frac{K}{K-x}$
				en grammes.	en %.	
1	2	24,3766	22,2156	2,1610	8.87	0,1928
2	2	24,3388	20,6494	3,6898	15.15	0,2089
3	2	24,3298	20,0122	4,3176	17.74	0,1861
4	2	24,3984	19,4312	4,9672	20.36	0,1943
5	2	24,4902	18,4480	6,0422	24.67	$\alpha = 0,1948$
6	2	24,5152	18,0528	6,4624	26.36	
7	1	12,3005	8,9154	3,3851	27.52	
16	2	24,4572	15,5918	8,8654	36.23	
18	1	12,4209	7,7555	4,6654	37.56	
24	2	24,2361	14,4920	9,7441	40.20	
48	2	24,5893	14,4902	10,0991	41.07	
72	2	24,6155	13,5503	11,0652	44.95	

Au moyen des valeurs de K et α , on trouve

$$v_0 = 2,3026 \times 0,1948 \times 24,55 = 11,01.$$

(*) Pour abrégier notre exposé, nous donnons l'ensemble des résultats pour plusieurs séries, sans communiquer spécialement pour chacune d'elles les valeurs que nous avons obtenues.

I. — Action des non-électrolytes.

Nous avons employé le saccharose aux concentrations de 10, 20 et 30 GV %; quant à l'alcool, nous avons étudié, dans notre mémoire précédent, son action en solution à 3.73, 7.46, 11.19 et 14.92 GV %, représentant 5, 10, 15 et 20 V % d'alcool à 94°; nous rappellerons brièvement les résultats obtenus dans le cas de la température de 25° C., la seule dont nous ayons à nous occuper pour le moment.

A. — ESSAIS AVEC LE SACCHAROSE.

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} = 10 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc		$\frac{1}{t} \log \frac{K}{K-x}$
				en grammes.	en %.	
1	2	24,3943	22,3404	2,0509	8.41	0,1716
2	2	24,3425	20,6725	3,5800	14.71	0,1838
3	2	24,0903	19,5308	4,5595	18.93	0,1922
4	2	24,0472	18,8967	5,1505	21.41	0,1931
5	2	24,2743	18,5895	5,6848	23.41	—
6	2	24,2349	18,4721	6,0628	25.01	$\alpha = 0,1852$
7	2	24,1849	17,7237	6,4582	26.70	
16	2	24,1823	15,9241	8,2582	34.15	
24	2	24,2717	15,0908	9,1809	37.08	
48	2	24,3180	14,0449	10,2731	42.24	
72	2	24,2469	13,3933	10,8536	44.76	

On obtient $v_0 = 2,3026 \alpha K = 11$.

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} = 20 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc		$\frac{1}{t} \log \frac{K}{K-x}$
				en grammes.	en %.	
1	2	24,2504	22,7624	1,4880	6.14	0,1307
2	2	24,2414	21,3615	2,8799	11.88	0,1517
3	2	24,2240	20,4179	3,8061	15.71	0,1582
4	2	24,2262	19,7915	4,4347	18.31	0,1619
5	2	24,2360	18,8819	5,3541	22.15	—
6	2	24,2235	18,4401	5,7834	23.87	$\alpha = 0,1506$
7	2	24,2645	18,2380	6,0265	24.83	
16	2	24,2606	16,5107	7,7499	31.95	
24	2	24,4829	15,6754	8,8075	35.97	
48	2	24,4331	14,2334	10,1797	41.66	
72	2	24,5178	14,2126	10,3052	42.03	

$v_0 = 2,3026 \alpha K = 8,2$

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} = 30 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc		$\frac{1}{t} \log \frac{K}{K-x}$
				en grammes.	en %.	
1	2	24,3853	23,9446	4,4407	5.91	0,1039
2	2	24,4652	24,7760	2,6892	10.98	0,1080
3	2	24,5444	24,3030	3,2394	13.19	0,0922
4	2	24,4802	20,4165	4,0637	16.59	0,0974
5	2	24,5683	19,9106	4,6577	18.99	—
6	2	24,5497	19,6025	4,9472	20.15	$\alpha = 0,1004$
7	2	24,5177	19,2812	5,2365	21.36	
16	2	24,5749	17,9524	6,6225	26.95	
24	2	24,5567	16,6981	7,8586	32.00	
48	2	24,6407	15,6150	8,9957	36.55	
72	2	24,5456	14,9724	9,5732	39.00	

$v_0 = 2,3026 \alpha K = 6,4.$

B. — ESSAIS AVEC L'ALCOOL ÉTHYLIQUE (*).

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 3.75 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc		$\frac{1}{t} \log \frac{K}{K-x}$
				en grammes.	en %.	
1	3	37,2564	34,9435	3,0426	8.09	0,4250
2	3	37,2082	32,2366	4,9716	13.36	0,4157
3	3	36,7296	29,9483	6,8413	18.54	0,4232
4	3	36,7318	28,8199	7,9119	21.54	0,4190
5	4	42,4484	9,6517	2,7967	22.46	—
6	4	42,3714	9,2950	3,0764	24.87	$\alpha = 0,4207$
24	4	42,3298	7,0565	5,2733	42.76	

$v_0 = 2,3026 \text{ } \alpha K = 9,0.$

(*) Loc. cit., deuxième mémoire, p. 336.

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 7.46 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc		$\frac{1}{t} \log \frac{K}{K-x}$
				en grammes.	en %.	
1	3	37,3103	35,1498	2,1605	5.79	0,0981
2	3	37,0816	32,4648	4,6168	12.45	0,4239
3	3	37,1178	30,8179	6,2999	16.97	0,4300
4	3	37,2799	29,6877	7,5922	20.37	0,4350
5	4	42,3946	9,6238	2,7688	22.34	—
6	4	42,3762	9,4468	2,9294	23.67	$\alpha = 0,4247$
24	4	42,4080	7,2883	5,1197	41.26	
48	2	24,6810	13,6364	11,0446	44.78	
72	2	24,5354	12,8303	11,7046	47.71	

$v_0 = 2,3026 \text{ } \alpha K = 8,04.$

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 11.19 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc		$\frac{1}{t} \log \frac{K}{K-x}$
				en grammes.	en $\%$.	
1	3	36,7800	34,7713	2,0087	5.46	0,1052
2	3	36,7648	32,7434	4,0214	10.99	0,1232
3	3	37,1483	34,3315	5,8168	15.66	0,1388
4	3	37,1334	30,3158	6,8176	18.36	0,1394
5	1	42,3373	9,7809	2,5564	20.72	$\alpha = 0,1266$
6	1	42,3922	9,6259	2,7663	22.32	
24	1	42,2684	7,0761	5,4423	42.32	

$v_0 = 2,3026 \alpha K = 7,40$

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 14.92 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc		$\frac{1}{t} \log \frac{K}{K-x}$
				en grammes.	en $\%$.	
1	3	36,9460	34,8855	2,0605	5.58	0,0936
2	3	36,8250	32,7503	4,0747	11.07	0,1054
3	3	37,1195	32,0208	5,0987	13.74	0,0939
4	3	36,8817	30,5000	6,3817	17.30	0,0997
5	1	42,3930	10,0359	2,3371	19.02	$\alpha = 0,0981$
6	1	42,3906	9,6633	2,7273	22.01	
24	2	24,6847	15,2810	9,4037	37.97	
48	2	24,9018	14,8872	10,0146	40.22	
72	2	24,5427	14,0175	0,5252	42.88	

$v_0 = 2,3026 \alpha K = 6,50$

Résumons les résultats obtenus dans le tableau suivant, donnant les valeurs centésimales de la diminution du poids du zinc.

TEMPS en heures.	EAU.	SACCHAROSE.			ALCOOL ÉTHYLIQUE.			
		40 GV o/o.	20 GV o/o.	30 GV o/o.	3.73 GV o/o.	7.46 GV o/o.	14.49 GV o/o.	14.92 GV o/o.
1	8.87	8.44	6.44	5.91	8.09	5.79	5.46	5.58
2	15.15	14.71	11.88	10.98	13.36	12.45	10.99	11.07
3	17.74	18.93	15.71	13.19	18.54	16.97	15.68	13.74
4	20.36	21.41	18.31	16.59	21.54	20.37	18.36	17.30
5	24.67	23.44	22.15	18.99	22.46	22.34	20.72	19.02
6	26.36	25.01	23.87	20.15	24.87	23.67	22.32	22.01
7	27.52	26.70	24.83	21.36	—	—	—	—
16	36.23	34.15	31.95	26.85	—	—	—	—
24	40.30	37.08	35.97	32.00	42.76	41.26	42.82	37.97
48	41.07	42.24	41.66	36.55	—	44.78	—	40.22
72	44.95 *	44.76	42.03	39.00	—	47.71	—	42.88
$v_0 =$	11.04	11.0	8.2	6.4	9.0	8.01	7.40	6.50

Ces chiffres montrent que le saccharose, de même que l'alcool, diminuent la vitesse de réaction, au moins au début de la réaction, et que cette vitesse décroît à mesure que la concentration augmente. Dans les stades plus avancés, à mesure que le cuivre disparaît de la solution, on constate que l'attaque du zinc se produit d'une manière analogue à celle qu'on observe au début de la substitution, dans le cas du saccharose, tandis que, pour l'alcool aux concentrations les plus faibles, cette diminution du poids du zinc est plus rapide que dans le cas de la simple solution aqueuse, au point que les valeurs sont plus élevées déjà au bout de vingt-quatre heures, pour les liquides contenant 3.73, 7.46, 11.19 GV % d'alcool.

L'action du saccharose, qui est toutefois peu sensible à la concentration de 10 GV %, s'explique facilement par le fait que le saccharose diminue la conductibilité de la solution ainsi que son coefficient de diffusibilité, ce qui amène une diminution de la vitesse réactionnelle. Dans le cas de l'alcool, qui diminue notablement la conductibilité de la solution, le même phénomène peut servir à expliquer la diminution de la vitesse initiale; pour les stades ultérieurs de la réaction, il faut faire entrer en ligne de compte la production du sulfate basique de zinc (*) pour expliquer, dans une certaine mesure, l'augmentation notable de l'attaque du métal.

Ericson Aurén (**) a constaté que beaucoup de substances organiques, l'alcool méthylique, l'alcool éthylique, la glycérine, la mannite, le glucose, le saccharose,

(*) *Loc. cit.*, deuxième communication, p. 352.

(**) *Ueber die Auflösungsgeschwindigkeit von Zink in sauren Lösungen.* (ZEIT. ANORG. CHEMIE, 1901, 27, p. 209.)

la résorcine, retardent notablement l'attaque du zinc par les acides chlorhydrique et sulfurique. Ces expériences permettent de conclure que cette diminution ne dépend probablement pas de la nature du non-électrolyte, mais bien du nombre de ses molécules présentes dans le liquide dissolvant.

Cette hypothèse n'est pas applicable dans le cas qui nous occupe. En effet, la solution de saccharose à 30 GV % et la solution contenant de l'alcool éthylique à 3.73 GV % sont presque équimoléculaires pour ce qui concerne la substance organique; en effet, pour le saccharose, dont le poids moléculaire est $C_{12}H_{22}O_{11} = 342$, nous avons $30/342 = 0.88$, et pour l'alcool, dont le poids moléculaire est $C_2H_5OH = 46$, nous avons $3.73/46 = 0.81$. Et cependant, lorsque nous comparons ces deux solutions, nous observons que les courbes qui représentent le phénomène de la dissolution du zinc par substitution et par formation de sulfate basique de zinc, commencent, à la première heure, respectivement à 5.91 et à 8.09 GV %, pour finir, à la vingt-quatrième heure, respectivement à 32.00 et à 42.76 GV %.

II. — Action des électrolytes neutres.

Nous ferons remarquer que, parmi les substances étudiées, le sulfate de sodium, le sulfate de magnésium et le sulfate de zinc possèdent un ion commun avec le sulfate de cuivre; de plus, le sulfate de zinc a été étudié dans le but de connaître l'influence d'une quantité déterminée d'une substance qui se forme au cours même de la réaction par la substitution du zinc au cuivre. Quant au chlorure de sodium, son introduction amène, outre le métal, un ion nouveau, notamment l'ion Cl de l'acide

chlorhydrique. Ces différents sels ont été étudiés aux concentrations 2.2, 4.4 et 6.6 GV % rapportées aux sels anhydres, ce qui correspond aux concentrations moléculaires suivantes :

	Poids moléculaires.	Concentration G, moléculaires V % correspondant aux concentrations GV %.		
		2.2	4.4	6.6
a. Na_2SO_4 .	142,16	0.0455	0.0309	0.0464
b. MgSO_4 .	120,42	0.0183	0.0363	0.0548
c. ZnSO_4 .	161,6	0.0125	0.0250	0.0375
d. NaCl .	58,5	0.0376	0.0752	0.1128

A. — ESSAIS AVEC LE SULFATE DE SODIUM.

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 2.2 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc		$\frac{1}{t} \log \frac{K}{K - x}$
				en grammes.	en %.	
$\frac{1}{2}$	2	24,4427	22,7507	1,6910	6.9%	0,4334
1	2	24,4318	21,9412	2,4906	10.19	0,4201
$1 \frac{1}{2}$	2	24,5692	21,0702	3,4990	14.24	0,4178
2	2	24,4723	20,4588	4,0135	16.40	0,4151
3	2	24,3993	19,1560	5,2433	21.49	$\alpha = 0,4215$
4	2	24,4044	18,2452	6,1589	25.23	
5	2	24,4969	17,9407	6,5562	26.76	
6	2	24,4787	17,4787	6,9970	28.58	
7	2	24,4159	17,1400	7,2759	29.80	
16	2	24,4257	15,6861	8,7396	35.78	
24	2	24,4537	14,6724	9,7813	39.99	
48	2	24,3833	13,8732	10,5101	43.10	
72	2	24,4282	13,5397	10,8885	44.57	

$$v_0 = 2,3026 \alpha K = 10,8.$$

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 4.4 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc		$K = 32.86$ — $\frac{1}{t} \log \frac{K}{K-x}$
				en grammes	en %.	
$\frac{1}{2}$	2	24,5801	22,9745	1,6056	6.41	0,2218
1	2	24,5883	21,2874	3,2209	13.14	0,2111
1 $\frac{1}{2}$	2	24,4235	20,4124	4,0111	16.42	0,1968
2	2	24,4214	19,4299	4,9915	20.43	0,1977
3	2	24,4541	18,4817	5,9724	24.42	—
4	2	24,4312	17,7020	6,7292	27.54	$a = 0,2068$
5	2	24,4069	17,4068	7,0001	28.68	
6	2	24,3820	17,1941	7,1879	29.39	
7	2	24,5996	17,1915	7,4081	30.11	
16	2	24,6465	15,9245	8,7220	35.39	
24	2	24,5144	15,0955	9,4189	38.42	
48	2	24,4790	13,9368	10,5422	43.06	
72	2	24,4295	13,5585	10,8710	44.49	

$t_0 = 2,3026 \text{ aK} = 15,6.$

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 6.6 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc		$\frac{4}{t} \log \frac{K}{K-x}$
				en grammes.	en %.	
$\frac{1}{2}$	2	24,4292	22,9079	1,5213	6.23	0,1739
1	2	24,4300	21,7439	2,7061	11.07	0,1912
1 $\frac{1}{2}$	2	24,5145	20,6871	3,8274	15.55	0,1854
2	2	24,4953	19,6862	4,8096	19.64	0,1619
3	2	24,4621	18,5342	5,9279	24.23	—
4	2	24,3937	18,0328	6,3629	26.00	$\alpha = 0,1781$
5	2	24,4010	17,8967	6,5043	26.66	
6	2	24,4530	17,7097	6,7433	27.57	
7	2	24,4710	17,3996	7,0714	28.90	
16	2	24,4451	16,4702	7,9749	32.62	
24	2	24,4067	15,9115	8,4952	34.81	
48	2	24,3607	14,1752	10,1855	41.81	
72	2	24,4760	13,9697	10,5063	42.93	

Nous avons calculé la valeur de K au moyen des quantités x_1, x_2, x_3 : on a la proportion

$$K : K - x_1 = K - x_2 : K - x_3;$$

d'où l'on tire

$$K = \frac{x_1 x_2}{x_1 + x_2 - x_3}.$$

On obtient ensuite, pour la vitesse initiale,

$$v_0 = 2,3026 \alpha K = 13,7.$$

B. — ESSAIS AVEC LE SULFATE DE MAGNÉSIUM.

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{MgSO}_4 = 2.2 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc		$K = 28.08$ — $\frac{1}{t} \log \frac{K}{K - a}$
				en grammes.	en %.	
1	2	24,5602	22,2504	2,3098	9.40	0,1770
2	2	24,5025	20,6743	3,8282	15.62	0,1764
3	2	24,4263	19,4082	5,0181	20.54	0,1903
4	2	24,5136	18,8611	5,6525	23.05	0,1867
5	2	24,5150	18,3572	6,1578	25.01	—
6	2	24,4112	17,4651	6,9461	28.45	$a = 0,1826$
7	2	24,5832	16,3892	8,1940	32.29	
16	2	24,7553	15,7472	9,0081	36.30	
24	2	24,7405	15,2719	9,4686	38.27	
48	2	24,5534	13,5980	10,9554	44.61	
72	2	24,6694	12,3138	12,3556	50.08	

$v_0 = 2,3026 \text{ } aK = 11,8.$

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{MgSO}_4 = 4.4 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc		$K = 30.42$ $\frac{1}{t} \log \frac{K}{K-x}$
				en grammes	en %.	
1	2	24,4343	24,6728	2,7615	11.30	0,2017
2	2	24,3805	19,6885	4,6920	19.24	0,2174
3	2	24,5019	18,8700	5,6319	22.98	0,2039
4	2	24,6092	18,1831	6,4261	26.07	0,2112
5	2	24,6176	17,9603	6,6573	27.04	—
6	2	24,7034	17,5502	7,1532	28.95	$\alpha = 0,2085$
7	2	24,5942	17,1819	7,4123	30.13	
16	2	24,7939	16,5561	8,2378	33.18	
24	2	24,6688	15,3890	9,2798	37.61	
48	2	24,7402	13,7497	10,9905	44.42	
72	2	24,6597	12,5927	12,0670	48.93	

$v_0 = 2,3026 \quad \alpha K = 14,6.$

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{MgSO}_4 = 6.6 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc		$K = 30.20$ — $\frac{1}{t} \log \frac{K}{K-x}$
				en grammes.	en %.	
1	2	24,3937	21,8321	2,5616	10.29	0,4809
2	2	24,3231	18,7465	4,5766	18.81	0,2117
3	2	24,6701	19,0717	5,5984	22.69	0,2015
4	2	24,7682	18,6448	6,1234	24.72	0,4853
5	2	24,7033	18,3833	6,3200	25.58	—
6	2	24,6243	17,6303	6,9940	28.40	$a=0,1948$
7	2	24,6672	17,4813	7,1859	29.13	
16	2	24,7675	16,8874	7,8801	31.81	
24	2	24,6525	16,3741	8,2784	33.58	
48	2	24,7192	15,5940	9,1252	36.91	
72	2	24,7539	14,0731	10,6808	43.14	

La valeur de K a encore été déterminée par la formule

$$K = \frac{x_1 x_2}{x_1 + x_2 - x_0}$$

On trouve ensuite

$$v_0 = 2,3026 \ aK = 15,5.$$

C. — ESSAIS AVEC LE SULFATE DE ZINC.

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{ZnSO}_4 = 2.2 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc	
				en grammes.	en $\%$.
$\frac{1}{2}$	2	24,3900	22,7768	1,6132	6.64
1	2	24,4324	21,4150	3,0194	12.32
1 $\frac{1}{2}$	2	24,5406	24,0939	3,4467	14.03
2	2	24,9321	20,9131	4,0490	16.42
3	2	24,4435	19,0984	5,3451	21.86
4	2	24,3918	18,4816	5,9102	24.23
5	2	24,9548	18,4763	6,7785	27.15
6	2	24,9707	17,9439	7,0268	28.14
7	2	24,9257	17,8744	7,0516	28.30
16	2	24,8246	17,3743	7,4473	29.14
24	2	24,3954	16,4892	7,9062	32.40
48	2	24,4996	15,5020	8,9976	36.34
72	2	24,6074	14,7767	9,8304	39.94

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{ZnSO}_4 = 4.4 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc	
				en grammes.	en %.
1/2	2	24,5490	22,9921	1,5569	6.35
1	2	24,5324	21,1811	3,3513	13.66
1 1/2	2	24,4982	20,7433	3,7549	15.32
2	2	24,8380	20,5927	4,2453	17.16
3	2	24,6910	18,8954	5,7956	23.47
4	2	24,5929	18,2873	6,3056	25.63
5	2	24,9463	18,0446	6,9017	27.66
6	2	24,8919	17,6722	7,2197	29.00
7	2	24,9043	17,5374	7,3669	29.50
16	2	24,9021	17,1332	7,8289	31.36
24	2	24,9690	15,8567	9,1123	36.49
48	2	24,4785	15,0401	9,4384	38.55
72	2	24,9626	14,1828	10,7798	43.18

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{ZnSO}_4 = 6.6 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc	
				en grammes.	en %.
1/2	2	24,4539	23,0695	1,3844	5.66
1	2	24,4621	21,3634	3.0987	12.66
1 1/2	2	24,5484	20,1881	4,0603	16.58
2	2	24,8913	20,4562	4,4351	17.83
3	2	24,4491	18,6590	5,7901	23.68
4	2	24,6582	18,2691	6,3891	25.91
5	2	24,9754	17,7915	7,1839	28.76
6	2	24,9178	17,4217	7,4961	30.08
7	2	24,8530	16,9319	7,9211	31.87
16	2	25,0077	16,3254	8,6823	34.72
24	2	24,8957	15,6062	9,2897	37.32
48	2	24,4035	14,7799	9,6236	39.47
72	2	24,8824	13,8231	11,0593	44.44

D. — ESSAIS AVEC LE CHLORURE DE SODIUM.

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{NaCl} = 2.2 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc		$K = 22.18$ — $\frac{1}{t} \log \frac{K}{K-x}$
				en grammes.	en %.	
$\frac{1}{2}$	2	24,4814	22,2495	2,2316	9.22	0.4667
1	2	24,5748	24,1303	3,4445	14.01	0.4337
1 $\frac{1}{2}$	2	24,4984	19,9434	4,5550	18.72	0.5379
2	2	24,7052	19,7625	4,9427	20.00	0.5038
3	2	24,7452	19,6403	5,0749	20.53	—
4	2	24,8793	19,6410	5,2383	21.05	$a = 0.4855$
5	2	24,7379	19,4004	5,3375	21.57	
6	2	24,7127	19,0594	5,6533	22.87	
7	2	24,6257	18,4532	6,1725	24.65	
16	2	24,6875	18,1382	6,5493	26.52	
24	2	24,6391	15,8962	8,7429	35.48	
48	2	24,5942	14,8620	9,7313	39.56	
72	2	24,5089	12,6997	11,8092	48.18	

$v_0 = 2.3026 \text{ } aK = 24.8$

Cette vitesse a dû être déterminée sur les valeurs obtenues pour des temps plus courts que dans le cas des

autres sels étudiés, en raison de son accélération considérable sous l'influence du chlorure de sodium aux diverses concentrations employées.

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV}\%$ et $\text{NaCl} = 4.4 \text{ GV}\%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc		$\frac{1}{t} \log \frac{K}{K - x}$
				en grammes.	en %.	
$\frac{1}{2}$	2	24,4609	24,5296	2,9343	11.98	0,6794
1	2	24,7654	20,6325	4,1326	16.68	0,6146
1 $\frac{1}{2}$	2	24,6979	19,8571	4,8408	19.52	0,6238
2	2	24,7881	19,6539	5,1342	20.71	0,6036
3	2	24,7720	19,4808	5,2912	21.35	—
4	2	24,6834	19,3074	5,3760	21.78	$\alpha = 0,6206$
5	2	24,8683	19,3935	5,4748	22.04	
6	2	24,8725	19,1854	5,6871	22.86	
7	2	24,7072	18,8103	5,8969	23.87	
16	2	24,5544	18,3403	6,2438	25.42	
24	2	24,6666	16,7556	7,9110	32.07	
48	2	24,7429	15,3314	9,4115	38.03	
72	2	24,7180	15,0799	9,6381	38.99	

$r_0 = 2,3026 \quad \alpha K = 32.0.$

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{NaCl} = 6.6 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc		$K = 22.48$ — $\frac{1}{t} \log \frac{K}{K-a}$
				en grammes.	en %.	
$\frac{1}{2}$	2	24,5039	24,7504	2,7535	11.24	0,6024
1	2	24,4420	20,4653	3,9768	16.27	0,5587
$1 \frac{1}{2}$	2	24,4168	19,7724	4,6444	19.22	0,5591
2	2	24,5364	19,4604	5,0757	20.68	0,5483
3	2	24,7301	19,4315	5,2986	21.42	—
4	2	24,7946	19,1766	5,6180	22.25	$a=0,5670$
5	2	24,8035	18,4776	6,4259	24.68	
6	2	24,7018	18,4648	6,2370	25.24	
7	2	24,6067	18,1404	6,4663	26.27	
16	2	24,6374	17,9920	6,6445	26.96	
24	2	24,6266	17,5638	7,0608	28.67	
48	2	24,5889	16,6767	7,9122	32.17	
72	2	24,6314	15,4261	9,2053	37.37	

$v_0 = 2,3026 \quad aK = 29,3.$

Le tableau suivant résume les résultats obtenus dans la deuxième partie de notre travail ; on y trouve les valeurs représentant les quantités centésimales de diminution de poids du zinc. Dans chaque cas, on trouve, en caractères gras, les valeurs les plus élevées, en caractères ordinaires, les valeurs les plus basses, et en caractères italiques, les valeurs intermédiaires.

TEMPS en heures.	EAU.	Na ₂ SO ₄			MgSO ₄			ZnSO ₄			NaCl		
		2.2 %	4.4 %	6.6 %	2.2 %	4.4 %	6.6 %	2.2 %	4.4 %	6.6 %	2.2 %	4.4 %	6.6 %
1/2	—	6.92	6.41	6.23	—	—	—	8.61	6.35	5.66	9.22	11.98	11.94
1	8.87	40.19	13.14	11.07	9.40	11.30	10.29	12.32	13.66	12.66	14.01	18.68	16.27
1 1/2	—	41.24	16.42	15.55	—	—	—	14.05	15.32	16.58	18.72	19.82	19.22
2	15.15	46.40	20.43	19.64	15.62	19.24	18.81	16.12	17.16	17.83	20.00	20.71	20.68
3	17.74	21.49	24.42	24.23	20.54	22.98	22.69	21.86	23.47	23.68	20.53	21.35	21.42
4	20.36	28.23	27.54	26.00	23.05	26.07	24.72	21.23	25.63	25.91	21.03	21.78	22.25
5	21.67	26.76	28.68	26.66	25.01	27.04	25.58	27.15	27.66	26.76	21.57	22.01	24.68
6	26.36	28.58	29.39	27.57	28.45	28.95	28.40	28.14	29.00	30.08	22.87	22.96	25.24
7	27.53	29.80	30.11	28.90	32.29	30.13	29.13	28.30	29.50	31.87	24.65	23.87	28.27
16	36.23	35.78	35.39	32.62	36.39	32.18	31.84	30.14	31.36	34.72	26.52	25.42	28.66
24	40.20	39.99	38.42	34.81	38.27	37.61	33.58	32.40	36.49	37.32	35.48	32.07	36.67
48	41.07	43.10	43.06	41.81	44.61	44.42	36.94	36.31	38.55	39.49	39.66	38.08	34.17
72	44.96	44.57	44.49	42.93	50.08	48.93	43.14	39.94	43.18	44.44	46.18	38.99	37.37
v ₀	41.01	40.8	45.6	43.7	41.8	44.6	43.5	—	—	—	24.8	32.0	29.3

L'influence des divers sels étudiés se manifeste par une augmentation de la vitesse initiale de réaction pour toutes les concentrations employées; cette augmentation de vitesse n'est toutefois pas proportionnelle à la concentration du sel; nous trouvons, en effet, une concentration optimale, qui n'est ni la concentration minimale ni la concentration maximale, pour laquelle la vitesse atteint un maximum.

Dans le cas du sulfate de sodium et du sulfate de magnésium, qui ont un ion commun avec le sulfate de zinc et le sulfate de cuivre, nous trouvons le maximum de perte de zinc à la septième et à la sixième heure pour la concentration moyenne de 4.4 GV %, et le minimum pour la concentration minimale de 2.2 GV %. Pour des périodes plus longues, la perte de zinc métallique est maximale pour la concentration la plus faible et minimale pour la concentration la plus élevée.

Dans le cas du chlorure de sodium, le maximum se déplace très rapidement vers la concentration la plus élevée, pour passer dans les stades ultérieurs à la concentration la plus faible. Dans le cas du sulfate de zinc, qui se forme également au cours de la substitution, on retrouve le maximum de diminution du zinc à la concentration la plus élevée.

Ces déplacements du maximum de la perte de zinc dans les diverses concentrations et l'absence de rapport entre la vitesse et la concentration semblent montrer que la conductibilité électrique n'exerce pas d'action directe sur l'attaque du zinc en présence des différents sels étudiés; nous faisons toutefois la remarque que si, pour certains sels en solution non diluée, comme le chlorure de potassium, le chlorure de sodium et le chlorure d'ammonium, la conductibilité augmente avec la concentration, pour

d'autres, comme le chlorure de calcium et le chlorure de magnésium, cette conductibilité atteint un maximum qui, pour ces deux sels, se trouve à la concentration de 25 %.

Ericson Aurén (*) a étudié l'influence de quelques sels sur la vitesse de dissolution du zinc par l'acide sulfurique. Il a constaté que la réaction est favorisée par le sulfate manganéux aux faibles concentrations, le chlorure de sodium aux fortes concentrations, le chlorure de potassium et le chlorure d'ammonium; le chlorure de magnésium et le chlorure de calcium accélèrent la réaction aux concentrations faibles et aux concentrations fortes, et la retardent aux concentrations moyennes étudiées. Le sulfate de sodium, le sulfate de magnésium, le sulfate de manganèse à concentration élevée, le sulfate de zinc et, enfin, à faible concentration, le chlorure de sodium retardent la dissolution du zinc.

Pour Ericson Aurén, une augmentation progressive de la quantité de sel ne produit une augmentation de vitesse de dissolution que lorsque la conductibilité électrique augmente. Dans les cas où l'augmentation de vitesse de dissolution n'est pas proportionnelle à la concentration saline, il faut admettre que la vitesse de réaction est la résultante de l'action de deux facteurs : la diminution de l'état de dissociation de l'acide et l'action des courants galvaniques locaux qui augmentent par addition du sel en vertu de l'augmentation de la conductibilité électrique.

Des considérations de ce genre semblent devoir s'appliquer, avec certaines complications, au cas de la substitution métallique du zinc au cuivre en présence des électrolytes salins.

(*) *Loc. cit.* (ZEIT. ANORG. CHEMIE, 1901, 27, p. 238.)

L'étude analytique de la solution où la substitution s'est effectuée et du précipité qui s'est produit au cours de la substitution a montré que, pour la simple solution de sulfate de cuivre (*), il se forme une quantité notable de sulfate basique de zinc dont la proportion augmente avec la durée de la réaction. Nous avons soumis au même examen les solutions contenant du sulfate de zinc à 4.4 GV % et du chlorure de sodium à 4.4 GV %. Les résultats suivants portent sur une série, soit sur les produits de la réaction de 12 à 12^h5 de zinc sur 250 centimètres cubes de solution contenant une quantité totale de cuivre précipitable égale à 2^{gr}35.

Solution : CuSO₄ = 2.56 GV % et ZnSO₄ = 4.4 GV %.

Temps en heures.	Perte de poids du zinc.	Poids du précipité.	Analyse du précipité.		Analyse du filtrat.	
			Zinc.	Cuivre.	Zinc.	Cuivre.
1	1,7307	1,690	0,124	1,539	5,951	0,971
2	2,1595	2,320	0,225	2,058	6,442	0,441
3	2,7940	2,965	0,617	2,149	6,661	0,360
4	3,1094	3,296	0,829	2,301	6,699	0,232
5	3,5283	3,751	1,057	2,451	6,896	0,060
6	3,6069	4,101	1,291	2,514	6,619	0
7	3,7239	4,422	1,586	2,539	6,796	0
16	3,8140	5,034	2,008	2,526	6,333	0
24	4,5612	6,588	2,901	2,541	6,200	0
48	4,7133	7,990	3,367	2,529	6,004	0
72	5,3815	9,022	3,744	2,520	6,027	0

(*) *Loc. cit.*, deuxième communication, p. 352.

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$ et $\text{NaCl} = 4.4 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Perte de poids du zinc	Poids du précipité.	Analyse du précipité.		Analyse du filtrat.	
			Zinc	Cuivre.	Zinc.	Cuivre.
1	2,0215	1,907	0,062	1,828	2,109	0,694
2	2,5671	2,540	0,092	2,425	2,555	0,062
3	2,7516	2,676	0,145	2,474	2,573	0,031
4	2,7574	2,716	0,157	2,504	2,607	0,007
5	2,7581	3,054	0,382	2,544	2,408	0
6	2,8608	3,344	0,505	2,543	2,401	0
7	2,9696	3,524	0,659	2,521	2,381	0
16	3,0612	3,772	0,773	2,501	2,278	0
24	3,9784	6,231	1,958	2,539	2,052	0
48	4,7600	8,336	3,034	2,526	1,778	0
72	4,8083	8,672	3,296	2,534	1,615	0

On peut constater ainsi que le cuivre est totalement précipité au bout de quatre heures en présence du chlorure de sodium et au bout de cinq heures en présence du sulfate de zinc; dans le cas de la solution pure de sulfate de cuivre, ce phénomène ne se produit qu'au bout de sept heures. De même que pour la solution pure, la quantité totale de zinc dissous diminue après un certain temps; dans cette solution, cette diminution se produit après la septième heure; pour la solution contenant le sulfate de zinc, à partir de la cinquième heure, et pour celle qui contient du chlorure de sodium, à partir de la quatrième heure. Cette diminution du zinc dissous dans les trois cas que nous citons correspond, comme on le voit, exactement au moment où les dernières traces de cuivre disparaissent de la solution. Il va sans dire que, lorsque la solution réagissante contient 4.4 GV % de sulfate de zinc, c'est-à-dire 4^{re}45 de zinc dans les 250 centimètres cubes de solution, il faut tenir compte de cette quantité dans les calculs.

Les rapports entre le poids des combinaisons zinciques et la quantité de zinc présents dans le précipité montrent qu'au début de la réaction il ne se forme que de l'hydroxyde de zinc, aussi bien dans la solution du chlorure de sodium que dans celle du sulfate de zinc; ce n'est qu'après un certain temps qu'il se produit des sulfates basiques de zinc qui se rapprochent de plus en plus de la formule $\text{ZnO} + \text{ZnSO}_4$.

Voici d'ailleurs ces rapports.

Solution contenant du sulfate de zinc.

Temps en heures.	Poids du précipité.	Poids du culv.	Poids des combinaisons zinciques.	Poids du zinc.	Rapports.
1	1,690	1,539	0,151	0,124	$\frac{151}{124} = 1.22$
2	2,320	2,068	0,262	0,225	$\frac{262}{225} = 1.16$
3	2,968	2,449	0,516	0,617	$\frac{516}{617} = 1.32$
4	3,296	2,304	0,993	0,829	$\frac{993}{829} = 1.20$
5	3,751	2,481	1,300	1,037	$\frac{1300}{1037} = 1.23$
6	4,101	2,514	1,587	1,291	$\frac{1587}{1291} = 1.23$
7	4,422	2,539	1,883	1,586	$\frac{1883}{1586} = 1.19$
16	5,034	2,526	2,508	2,008	$\frac{2508}{2008} = 1.24$
24	6,588	2,541	4,047	2,901	$\frac{4047}{2901} = 1.39$
48	7,990	2,529	5,461	3,367	$\frac{5461}{3367} = 1.62$
72	9,022	2,520	6,502	3,744	$\frac{6502}{3744} = 1.73$

Solution contenant du chlorure de sodium.

Temps en heures.	Poids du précipité.	Poids du cuivre.	Poids des combinaisons zinciques	Poids du zinc.	Rapports.
1	1,907	1,828	0,079	0,069	$\frac{79}{62} = 1.27$
2	2,540	2,425	0,115	0,092	$\frac{115}{92} = 1.25$
3	2,676	2,474	0,202	0,145	$\frac{202}{145} = 1.35$
4	2,716	2,504	0,212	0,157	$\frac{212}{157} = 1.34$
5	3,054	2,544	0,510	0,382	$\frac{510}{382} = 1.33$
6	3,344	2,543	0,801	0,505	$\frac{801}{505} = 1.58$
7	3,524	2,521	1,003	0,659	$\frac{1003}{659} = 1.52$
16	3,772	2,501	1,271	0,773	$\frac{1271}{773} = 1.64$
24	6,231	2,539	3,692	1,958	$\frac{3692}{1958} = 1.88$
48	8,336	2,526	5,810	3,034	$\frac{5810}{3034} = 1.91$
72	8,672	2,534	6,138	3,296	$\frac{6138}{3296} = 1.89$

Les rapports entre les combinaisons du zinc qui peuvent se produire et le zinc lui-même sont

$$\frac{\text{ZnO}}{\text{Zn}} = 1.24; \quad \frac{2\text{ZnO} + \text{ZnSO}_4}{5\text{Zn}} = 1.65. \quad \frac{\text{ZnO} + \text{ZnSO}_4}{2\text{Zn}} = 1.85.$$

Pour la solution de sulfate de cuivre pure, nous avons constaté autrefois (*) que déjà au bout d'une heure le rapport est 1.60, correspondant déjà sensiblement à la formule $2\text{ZnO} + \text{ZnSO}_4$.

III. — Action des électrolytes acides.

Pour étudier l'action des électrolytes acides, nous avons eu recours au cas le plus simple, celui de l'acide sulfurique, qui présente l'avantage de ne pas introduire d'ions nouveaux dans le milieu. Cet acide, par son action dissolvante sur le zinc, ne produit que du sulfate de zinc, qui est d'ailleurs aussi le produit final de la substitution.

L'action des acides sur les métaux, et notamment celle de l'acide sulfurique sur le zinc, a été déjà étudiée à plusieurs reprises, et cette action est certainement prépondérante dans le cas qui nous occupe.

W. Spring et E. Van Aubel (**) ont notamment signalé que la vitesse de réaction n'est pas en relation simple avec la conductibilité électrique des liquides et ont insisté sur l'importance de la période d'induction, au début de l'attaque du zinc par les acides, et tout spécialement par l'acide sulfurique.

Sans revenir sur les résultats d'Ericson Aurén (***) que nous avons discutés à propos de l'action des non-électrolytes et des électrolytes neutres sur l'attaque du zinc,

(*) *Loc. cit.*, deuxième communication, p. 335.

(**) *Sur la vitesse de réaction du zinc plombé avec quelques acides dans divers états de concentration et de température.* (ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE, 1887, 6^e sér., t. II, pp. 505-554.)

(***) *Loc. cit.*

nous signalerons encore que Kajander (*) a étudié la dissolution du magnésium et a constaté que la vitesse de dissolution augmente avec la concentration de l'acide jusqu'à un certain maximum, pour redescendre ensuite à un nouveau minimum correspondant au stade de l'acide anhydre; ces expériences, faites avec les acides phosphorique, sulfurique, acétique, oxalique, tartrique et citrique, ont démontré en outre que, lorsque les acides agissent ensemble, l'action est la même que si chacun d'eux exerçait séparément son action.

Toutefois, pour établir nettement l'action de l'acide sulfurique sur le zinc dans les conditions de nos expériences, nous avons dû à nouveau étudier cette action, en suivant la même technique que dans nos recherches sur la substitution.

Nous avons ainsi étudié la substitution métallique du zinc au cuivre, dans des solutions contenant 2.56 GV % de sulfate de cuivre anhydre, et contenant de plus des quantités d'acide sulfurique calculées de manière que la solution soit respectivement une, deux, trois et quatre fois décime normale. Comme recherche accessoire, nous avons fait agir parallèlement le zinc sur des solutions pures d'acide sulfurique également une, deux, trois et quatre fois décime normale, ne contenant pas de sulfate de cuivre, ce qui nous permettait de déterminer, dans les conditions de nos expériences, le rôle de l'acide seul et le rôle de l'acide au sein du liquide de substitution.

Dans les tableaux qui suivent, nous résumons les résultats que nous avons obtenus.

(*) *Zur Frage über die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen.*
(CHEM. BER., 1881, 14, pp. 2053 et 2676.)

Les solutions d'acide $N/10$, $2N/10$, $3N/10$ et $4N/10$ renferment des quantités d'acide respectivement de 0.49, 0.98, 1.47 et 1.96 GV %.

Solution : $CuSO_4 = 2.56$ GV %, $H_2SO_4 = 0.49$ GV %.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc	
				en grammes.	en %.
1	2	24,4105	20,2359	4,1746	17.10
2	2	24,4692	18,8795	5,5897	22.84
3	2	24,4189	18,3284	6,0905	24.90
4	2	24,4771	17,5611	6,9160	28.25
5	2	24,5025	17,5522	6,9503	28.37
6	2	24,4330	17,3984	7,0346	28.79
16	2	24,4509	16,8356	7,6153	31.14

Solution : $CuSO_4 = 2.56$ GV %, $H_2SO_4 = 0.98$ GV %.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc	
				en grammes.	en %.
1	2	24,5081	19,1979	5,3102	21.67
2	2	24,4350	16,2751	8,1599	33.39
3	2	24,4270	15,9862	8,4408	34.55
4	2	24,5048	15,8431	8,6617	35.34
5	2	24,4333	15,6714	8,7619	35.85
6	2	24,4576	15,5920	8,8656	36.24
16	2	24,4798	15,2679	9,2119	37.63

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$, $\text{H}_2\text{SO}_4 = 1.47 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc	
				en grammes.	en %.
1	2	24,0604	16,4848	7,5656	31.45
2	2	24,1305	14,6959	9,4346	39.09
3	2	24,0919	14,0676	9,9343	41.35
4	2	24,1241	14,0310	10,0931	41.87
5	2	24,0719	13,8522	10,2197	42.45
6	2	24,0675	13,8045	10,2630	42.68
16	2	24,1368	13,3682	10,7686	44.61

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$, $\text{H}_2\text{SO}_4 = 1.96 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Nombre de séries.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc	
				en grammes.	en %.
1	2	24,3294	13,5531	10,7763	44.28
2	2	24,1910	12,6725	11,5185	47.57
3	2	24,1291	12,0800	12,0491	49.93
4	2	24,3730	12,1790	12,1940	50.03
5	2	24,1147	12,0063	12,1084	50.21
6	2	24,0858	11,9672	12,1186	50.31
16	2	24,2327	11,8533	12,3794	51.08

Comme dans les autres cas que nous avons étudiés, nous réunissons en un tableau les valeurs centésimales obtenues comparativement aux résultats de la solution exempte d'acide.

Temps en heures	Eau.	Acide $N/10$.	Acide $N^2/10$	Acide $2N/10$.	Acide $4N/10$.
1	8,87	17,40	21,67	31,45	44,28
2	15,15	22,84	33,39	39,09	47,57
3	17,74	24,90	34,55	41,35	49,93
4	20,36	26,25	35,34	41,87	50,03
5	24,67	28,37	35,85	42,45	50,21
6	26,36	28,79	36,24	42,68	50,31
16	36,23	34,14	37,63	44,61	51,08

La vitesse initiale, que la complication du phénomène ne nous a pas permis jusqu'à présent d'exprimer par une formule, est cependant visiblement augmentée par la présence de l'acide et croît avec la concentration de ce dernier. Toutefois, pour les concentrations les plus faibles, on constate qu'après seize heures de réaction, la quantité de zinc attaquée est plus faible en présence de

l'acide $N/_{10}$ qu'en l'absence de tout acide ; un simple coup d'œil montre que les deux courbes réactionnelles de la solution aqueuse et de la solution contenant l'acide $N/_{10}$ se croisent entre la sixième et la seizième heure.

La vitesse initiale augmente rapidement sous l'influence de la concentration de l'acide ; à la seizième heure, l'influence de l'acide se traduit nettement par une augmentation régulière de l'attaque du zinc, la perte de zinc croissant à peu près proportionnellement à la concentration de l'acide : entre l'acide $N/_{10}$ et l'acide $2N/_{10}$, la différence est $37.63 - 31.14 = 6.49$; entre l'acide $2N/_{10}$ et $3N/_{10}$, elle est $44.61 - 37.63 = 6.98$; enfin, entre l'acide $3N/_{10}$ et $4N/_{10}$, on trouve $51.08 - 44.61 = 6.47$, soit donc une quantité sensiblement constante.

Ce fait démontre l'importance de l'action de l'acide, notamment au point de vue de la production du sulfate basique de zinc, ainsi que nous le verrons plus loin.

Quant à l'action de l'acide sulfurique sur le zinc (*)

(*) T. Ericson Aurén a représenté analytiquement la vitesse de dissolution ρ par la formule

$$\rho = f \frac{x}{C} \left(\frac{0,0576}{n} \log \frac{P_1}{p_1} - 0,0576 \log \frac{P_2}{p_2} - \pi \right),$$

dans laquelle f est un coefficient constant, x la conductibilité de la solution, C la capacité de résistance, n la valence du métal à dissoudre, P_1 et P_2 la tension de dissolution du métal à dissoudre et de l'hydrogène, p_1 et p_2 la pression osmotique du métal et de l'hydrogène, π la surtension du métal présent. (Voir *Ueber die Auflösung von Metallen*, dans *ZEITSCHR. PHYSIK. CHEMIE*, 1901, 39, p. 8.)

dans les conditions de nos expériences, elle se trouve résumée dans les tableaux suivants :

Solution d'acide sulfurique $N_{10} = 0.49$ GV %.

Temps en heures.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc	
			en grammes.	en %.
1	11,8067	11,8003	0,0064	0.05
2	11,7080	11,6378	0,0702	0.60
3	11,8763	11,7873	0,0890	0.74
4	11,7298	11,5913	0,1385	1.17
5	11,8062	11,5599	0,2463	2.08
6	11,8162	11,4586	0,3576	3.02
16	11,7214	11,0078	0,7136	6.08

Solution d'acide sulfurique $2N_{10} = 0.98$ GV %.

Temps en heures.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc	
			en grammes.	en %.
1	11,8368	11,7392	0,0976	0.82
2	11,7863	11,1174	0,6689	5.67
3	11,8014	10,6333	1,1681	9.89
4	11,7714	10,4214	1,3500	11.46
5	11,8361	10,3318	1,5043	12.70
6	11,7205	10,1967	1,5238	13.00
16	11,8030	10,2114	1,5916	13.48

Solution d'acide sulfurique $^{3N}/_{10} = 1.47$ GV %.

Temps en heures.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc	
			en grammes.	en %.
1	11,7443	11,0990	0,6453	5.54
2	11,7825	9,8514	1,9311	16.39
3	11,8106	9,5789	2,2317	18.89
4	11,7720	9,4843	2,2877	19.43
5	11,7695	9,4562	2,3133	19.65
6	11,6997	9,3365	2,3632	19.77
16	11,7472	9,3079	2,4393	20.76

Solution d'acide sulfurique $^{4N}/_{10} = 1.96$ GV %.

Temps en heures.	Poids du zinc avant réaction.	Poids du zinc après réaction.	Perte de poids du zinc	
			en grammes.	en %.
1	11,9481	10,1067	1,8414	15.44
2	11,8625	8,9373	2,9252	24.67
3	11,7588	8,6784	3,0804	26.19
4	11,7117	8,5599	3,1518	26.92
5	11,7575	8,5409	3,2166	27.36
6	11,7841	8,5605	3,2236	27.36
16	11,7257	8,4663	3,2594	27.79

Le tableau suivant, qui résume les différents résultats que nous avons obtenus dans nos essais de dissolution du zinc par l'acide sulfurique, montre l'influence considérable de la concentration de l'acide sur l'attaque de ce métal, dans les conditions de nos expériences, de même que l'importance de la période d'induction que Spring et Van Aubel signalent dans leur mémoire (*).

Temps en heures.	Perte de poids du zinc en pour-cent.			
	N/10.	2N/10.	3N/10.	4N/10.
1	0.05	0.82	5.51	15.44
2	0.60	5.67	16.39	24.67
3	0.74	9.89	18.89	26.19
4	1.17	11.46	19.43	26.92
5	2.08	12.70	19.65	27.36
6	3.02	13.00	19.77	27.36
16	6.08	13.48	20.76	27.79

(*) *Loc. cit.*

Quand on compare l'action de l'acide seul à celle du mélange de l'acide avec le sulfate de cuivre, on constate que l'acide exerce une action accélératrice considérable au début de la réaction ; il est certain que, dès le début, alors que du cuivre recouvre la surface du zinc métallique, la période d'induction est réduite à son minimum, et l'acide peut réagir avec intensité au moment même où les ions H acides sont à leur maximum de concentration. Cette influence peut être mise en lumière par le tableau suivant, donnant la différence entre l'action combinée du sulfate de cuivre et de l'acide sulfurique et celle de l'acide sulfurique seul :

Temps en heures.	Eau.	Acide $N/_{10}$.	Acide $2N/_{10}$.	Acide $3N/_{10}$.	Acide $4N/_{10}$.
1	8,87	17,05	20,85	25,94	28,84
2	15,15	22,24	27,72	22,70	22,90
3	17,74	24,16	24,66	22,46	23,74
4	20,36	27,08	23,88	22,44	23,11
5	24,67	26,39	23,15	23,80	22,95
6	26,36	25,77	23,34	22,91	22,95
16	36,23	25,06	24,15	23,85	23,29

Ces chiffres donnent l'intensité de l'attaque du zinc dans le cas de la solution acide, mais abstraction faite de l'acide : l'attaque va en augmentant progressivement dans la solution aqueuse, et, en présence de l'acide, elle est fortement accélérée au début, pour devenir presque constante dans les derniers stades étudiés. En effet, nous verrons dans la suite que le sulfate basique de zinc se forme surtout lorsque le cuivre peut se déposer lentement, comme dans la solution aqueuse; dans les solutions acides, la précipitation est considérablement accélérée, et même lorsque l'acide libre a presque totalement disparu, la formation du sulfate basique est fortement réduite; il en résulte nécessairement que l'attaque du zinc doit aussi se ralentir proportionnellement.

Il était intéressant d'étudier de près, au point de vue de leur teneur en zinc et en cuivre, le précipité et le liquide séparé par filtration de ce précipité; il était intéressant aussi d'établir l'influence qu'exerce l'acide sulfurique sur la production du sulfate basique de zinc. Nous avons réuni, pour nos analyses, les liquides de réaction de deux séries, résultant donc de l'action de 24 à 25 grammes de zinc sur 500 centimètres cubes de solution cuivrique à 1.02 GV % de cuivre métallique, et contenant, par conséquent, en dissolution 5.40 de cuivre. Afin de pouvoir établir les comparaisons, nous joignons à nos résultats nouveaux ceux que nous avons trouvés jadis pour la solution pure de sulfate de cuivre, mais en doublant les valeurs obtenues, de manière à les ramener également à 500 centimètres cubes de liqueur cuivrique.

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Perte de poids du zinc.	Poids du précipité.	Analyse du précipité.		Analyse du filtrat.	
			Zinc.	Cuivre.	Zinc.	Cuivre.
1	2,1610	2,1488	0,0778	2,0240	2,0560	2,9640
2	3,6898	3,6152	0,1362	3,3880	3,5482	1,6320
3	4,3176	4,3278	0,2104	3,9360	4,0980	1,0480
4	4,9672	5,4674	0,7334	4,2920	4,1976	0,7040
5	6,0422	7,3638	1,3684	4,7640	4,6796	0,2280
6	6,4524	8,1446	1,8016	4,8928	4,7160	0,1000
16	8,8654	13,6208	4,9784	5,0081	3,7961	—

Nous avons trouvé (*) que les rapports entre les combinaisons zinciques et le zinc contenus dans le précipité sont respectivement : 1.60, 1.67, 1.86, 1.60, 1.89 et 1.80 pour les six premières heures; pour la seizième heure, cette valeur, pour un poids de combinaisons zinciques 13.6208 — 5.0081 = 8.6127, est de 1.7.

(*) *Loc. cit.*, deuxième communication, p. 355.

Voici à présent les données qui se rapportent aux solutions de sulfate de cuivre contenant de l'acide.

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$, $\text{H}_2\text{SO}_4 = 0.49 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Perte de poids du zinc.	Analyse du précipité.		Analyse du filtrat.	
		Zinc.	Cuivre.	Zinc.	Cuivre.
1	4,1746	—	3,6450	4,1557	1,4560
2	5,5897	—	4,6250	5,5417	0,5060
3	6,0905	0,4928	4,6500	5,8961	0,4961
4	6,9160	0,4983	4,9000	6,8861	0,1730
5	6,9303	0,5501	5,0350	6,4999	0,1180
6	7,0346	0,6400	5,0450	6,4726	0,0920
16	7,6183	0,9763	5,1050	6,4504	0,0340

Au début de la réaction, le précipité ne renferme pas de zinc : l'acide sulfurique présent s'oppose à la formation du sulfate basique.

Les rapports entre les combinaisons zinciques et le zinc contenus dans le précipité sont compris entre 1.4 et 1.9.

Temps en heures.	Poids du précipité.	Poids du cuivre.	Poids des combinaisons zinciques.	Poids du zinc	Rapports.
1	3,6758	3,6430	—	—	—
2	4,7018	4,6250	—	—	—
3	4,9365	4,6500	0,2863	0,1923	$\frac{2835}{1928} = 1.5$
4	5,7327	4,9000	0,8327	0,4982	$\frac{8327}{4982} = 1.7$
5	5,8004	5,0050	0,7954	0,5301	$\frac{7954}{5301} = 1.4$
6	5,9798	5,0450	0,9348	0,6400	$\frac{9348}{6400} = 1.5$
16	7,0033	5,1030	1,8983	0,9763	$\frac{18983}{9763} = 1.9$

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$, $\text{H}_2\text{SO}_4 = 0.98 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Perte de poids du zinc.	Analyse du précipité.		Analyse du filtrat.	
		Zinc.	Cuivre.	Zinc.	Cuivre.
1	5,3102	0,1437	3,7800	5,1078	1,2880
2	8,1590	0,4178	4,8600	7,7361	0,1040
3	8,4408	0,5637	4,9650	8,0382	0,1100
4	8,6617	0,6990	5,0140	8,0786	0,0540
5	8,7619	0,7593	5,0410	8,0945	0,0480
6	8,8656	0,8758	5,0800	8,0639	0,0340
16	9,2119	1,0195	5,0630	8,0823	—

Les rapports entre les combinaisons zinciques et le zinc contenus dans le précipité sont compris entre 1.5 et 2.0.

Temps en heures.	Poids du précipité.	Poids du cuivre.	Poids des combinaisons zinciques.	Poids du zinc.	Rapports.
1	4,0338	3,7860	0,2478	0,1437	$\frac{2478}{1437} = 1.9$
2	5,6288	4,8600	0,7688	0,4178	$\frac{7688}{4178} = 1.8$
3	5,8262	4,9650	0,8612	0,5657	$\frac{8612}{5657} = 1.5$
4	6,2118	5,0140	1,1978	0,6990	$\frac{11978}{6990} = 1.7$
5	6,2582	5,0410	1,2172	0,7593	$\frac{12172}{7593} = 1.6$
6	6,3691	5,0800	1,2891	0,8758	$\frac{12891}{8758} = 1.5$
16	7,0484	5,0680	1,9804	1,0495	$\frac{19804}{10495} = 2.0$

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$, $\text{H}_2\text{SO}_4 = 1.47 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Perte de poids du zinc.	Analyse du précipité.		Analyse du filtrat.	
		Zinc.	Cuivre.	Zinc.	Cuivre
1	7,5656	0,0626	4,5386	7,3492	0,5120
2	9,4346	0,1614	5,0521	9,3647	0,0230
3	9,9343	0,1950	5,1148	9,6620	0,0041
4	10,0931	0,2863	5,0801	9,7659	—
5	10,2197	0,3153	5,0674	9,8172	—
6	10,2830	0,3968	5,0945	9,8300	—
16	10,7686	0,8830	5,0721	9,7769	—

Les rapports entre les combinaisons zinciques et le zinc contenus dans le précipité oscillent autour de 1.8-2.0, ainsi qu'il suit :

Temps en heures.	Poids du précipité.	Poids du cuivre.	Poids des combinaisons zinciques.	Poids du zinc.	Rapports.
1	4,6808	4,5586	0,1222	0,0626	$\frac{1222}{626} = 2.0$
2	5,3470	5,0521	0,2949	0,1614	$\frac{2949}{1614} = 1.8$
3	5,4972	5,1148	0,3824	0,1960	$\frac{3824}{1960} = 2.0$
4	5,6315	5,0801	0,5714	0,2863	$\frac{5714}{2863} = 2.0$
5	5,7275	5,1674	0,6601	0,3453	$\frac{6601}{3453} = 1.9$
6	5,8441	5,0945	0,7496	0,3968	$\frac{7496}{3968} = 1.9$
16	6,8732	5,0721	1,7411	0,8830	$\frac{17411}{8830} = 2.0$

Solution : $\text{CuSO}_4 = 2.56 \text{ GV } \%$, $\text{H}_2\text{SO}_4 = 1.96 \text{ GV } \%$.

Temps en heures.	Perte de poids du zinc.	Analyse du précipité		Analyse du filtrat.	
		Zinc.	Cuivre.	Zinc.	Cuivre.
1	10,7763	0,9028	5,0526	10,4696	0,0476
2	11,5185	0,3218	5,0892	11,1384	—
3	12,0491	0,3844	5,0961	11,5925	—
4	12,1940	0,4212	5,0921	11,6001	—
5	12,1084	0,4937	5,1204	11,6208	—
6	12,1186	0,5570	5,0953	11,5993	—
16	12,3794	0,9893	5,1097	11,3474	—

Les rapports entre les combinaisons zinciques et le zinc contenus dans le précipité oscillent autour de 1.8-2.0 :

Temps en heures.	Poids du précipité.	Poids du cuivre.	Poids des combinaisons zinciques.	Poids du zinc.	Rapports.
1	5,4193	5,0526	0,3967	0,2028	$\frac{3967}{2028} = 2.0$
2	5,6739	5,0892	0,5817	0,3218	$\frac{5817}{3218} = 1.8$
3	5,8235	5,0961	0,7271	0,3811	$\frac{7271}{3811} = 1.9$
4	5,8608	5,0921	0,7677	0,4212	$\frac{7677}{4212} = 1.8$
5	6,0378	5,1204	0,9174	0,4937	$\frac{9174}{4937} = 1.9$
6	6,2080	5,4953	1,1127	0,5570	$\frac{11127}{5570} = 2.0$
16	7,0196	5,1097	1,9099	0,9893	$\frac{19099}{9893} = 1.9$

Les rapports trouvés correspondent à ceux qu'exigent les sels basiques $2\text{ZnO} + \text{ZnSO}_4$ et $\text{ZnO} + \text{ZnSO}_4$, et qui sont respectivement 1.65 et 1.85.

Comme on le voit, la présence de l'acide sulfurique aux concentrations employées ne s'oppose pas à la formation du sulfate basique de zinc; nous trouvons du zinc dans le précipité qui se dépose dès le début de la réaction.

Toutefois, la quantité de ce métal que l'on trouve dans le précipité n'est pas en rapport avec la concentration

des solutions; nous trouvons, en effet, les quantités suivantes :

Temps en heures.	Solution aqueuse.	Acide $N/_{10}$.	Acide $2N/_{10}$.	Acide $3N/_{10}$.	Acide $4N/_{10}$.
1	0,0778	—	0,1437	0,0626	0,2028
2	0,1362	—	0,4178	0,1614	0,3218
3	0,2104	0,1928	0,5657	0,1960	0,3844
4	0,7334	0,4982	0,6990	0,2863	0,4212
5	1,3684	0,5501	0,7593	0,3453	0,4937
6	1,8016	0,6400	0,8758	0,3968	0,5570
16	4,9784	0,9763	1,0495	0,8830	0,9893

La concentration de l'acide $2N/_{10}$ permet donc la précipitation maximale du zinc; pour la concentration la plus faible, $N/_{10}$, nous pouvons admettre que l'acide, qui en raison de sa faible concentration est moins rapidement transformé en sel neutre, peut plus longtemps s'opposer à la formation du sulfate basique de zinc; par contre, pour des solutions plus concentrées, l'acide attaque plus rapidement et se transforme plus vite en sel; mais en même temps le cuivre est précipité avec une vitesse plus considérable. Or, nous avons vu que c'est pendant les derniers stades de la précipitation du cuivre que la formation du sel basique devient le plus intense,

et que cette formation est d'autant plus importante que la précipitation du cuivre se prolonge.

Quant à la précipitation du cuivre, on constate que ce phénomène se produit proportionnellement à la concentration de l'acide.

L'étude approfondie du phénomène permet donc d'expliquer des divergences en apparence inattendues. La production d'un sel basique aux dépens du métal qui doit opérer la substitution et d'un ion dissous qui se soustrait à son milieu à mesure que la réaction avance, complique nécessairement le phénomène simple de la substitution métallique et modifie sans cesse, et parfois en sens inverse, les conditions de l'équilibre entre les substances réagissantes aux différents stades de la réaction.

Gand, le 26 juin 1905. Laboratoire privé.

COMITÉ SECRET.

La Classe se constitue en comité secret pour prendre connaissance de la liste des candidatures aux places vacantes, arrêtées par les Sections.



OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Bambeke (Ch. Van). Sur un champignon non encore déterminé, figuré et décrit par Fr. Van Sterbeeck. Paris, 1904; extr. in-8° (4 p.).

Errera (Léo). Conflits de préséance et excitations inhibitoires chez les végétaux. Gand, 1905; extr. in-8°.

Francotte (Pol.). Les laboratoires maritimes à l'Exposition de Liège. Bruxelles, 1905; in-8° (8 p.).

Lameere (Auguste). L'origine de la corde dorsale. Bruxelles, 1905; extr. in-8° (8 p.).

— Le cinquantenaire de la Société entomologique de Belgique. Discours prononcé le 9 avril 1905. Bruxelles, 1905; extr. in-8° (16 p.).

Mourlon (Michel). Considérations sur le Devonien supérieur (Famennien) de la carrière du bois de Beaulieu, située entre Le Hure et Fiennes (Bas-Boulonnais). Liège, 1905; extr. in-8° (8 p.).

— Un complément à apporter à l'organisation de l'enseignement supérieur des sciences géologiques dans l'ordre de l'expansion économique mondiale. Rapport au Congrès international d'expansion économique mondiale. Bruxelles, 1905; in-8° (7 p.).

Pelseneer (Paul). Le mode de nutrition des embryons chez *Purpura lappillus*. Berne, 1904; extr. in-8° (3 p.).

Inauguration du buste de François Crépín au Jardin botanique de l'État. Compte rendu de la cérémonie du 5 décembre 1904. Bruxelles, 1905; in-8° (46 p.).

Commission de la Belgica. Rapports scientifiques : Botanique. Champignons; par M^{mes} E. Bommer et M. Rousseau. Zoologie. Organogénie des Pinnipèdes. I. Les extrémités. Anvers, 1904; in-4°.

État Indépendant du Congo. Annales du Musée du Congo. Zoologie, série III, tome 1, fascicule 2 : Rhynchota Aethiopica (H. Schouteden). 1905; in-4°.

VIENNE. K. K. Oesterreichische Kommission der internationalen Erdmessung. Die Schlussfehler der Dreiecke der Triangulierung erster Ordnung in der Monarchie (Wilhelm Tinter). 1904-1905 (42 p.).

RATISBONNE. Kgl. botanische Gesellschaft. Denkschriften, Band IX, 1905.

FRANCFORT s/M. Naturforschende Gesellschaft. Bericht, 1905.

DANZIG. Naturforschende Gesellschaft. Schriften, Band XI.

AMÉRIQUE.

Peneyra Miguez (Adrien). Proyecto de edificio para Facultad de ingeniora. La Plata, 1904; in-8° (98 p., pl.).

Gonzalez (Carlos). Proyecto de puense de Mamposteria. La Plata, 1904; in-8° (36 p., pl.).

Glade (Alfred). Proyecto de una estacion de segunda clase. La Plata, 1904; in-8° (25 p., pl.).

Hinrichs (G.). The Amana meteorites of 12 February 1875. Saint-Louis, 1905; in-8° (103 p., pl.).

FRANCE.

Moissan (Henri). Traité de chimie minérale. Tome II : Métalloïdes, 2^e fascicule. Tome IV : Métaux, 2^e fascicule. Paris; in-8°.

Duhem (P.). Les sources des théories physiques. Les origines de la statique, tome I^{er}. Paris, 1905; in-8° (iv-360 p.).

Piette (Édouard). Conséquence des mouvements sismiques des régions polaires. Angers, 1902; in-8° (2 p.).

— Gravure du Mas-d'Azil et statuettes de Menton. Paris, 1902; in-8° (13 p.).

— Sur une gravure du Mas-d'Azil. Paris, 1903; extr. in-4° (2 p. et 1 pl.).

— Études d'ethnographie préhistorique. VI : Notions complémentaires sur l'Asylien. Paris, 1904; extr. in-8° (13 p.).

— Études d'ethnographie préhistorique. VII : Classification des sédiments formés dans les cavernes pendant l'âge du Renne. Paris, 1904; extr. in-8° (48 p., fig.).

— Études d'ethnographie préhistorique. VIII : Les écritures de l'âge glyptique. Paris, 1905; extr. in-8° (11 p.).

Boman (E.). Deux stipa de l'Amérique du Sud développant de l'acide cyanhydrique. Paris, 1905; extr. in-8° (7 p.).

LE CAP. *Department of Agriculture*. Ninth annual report of the Geological Commission, 1904-1905; gr. in-8°.

Puccianti (L.). Alcune osservazioni critiche ed esperienze nuove relative ai fondamenti della spettroscopia celeste. Pise, 1905; extr. in-8° (85 p., 1 pl.).

VENISE. *R. Istituto di scienze, lettere ed arti*. Monumenti veneti nell'isola di Creta. Ricerche e descrizione fatte dal dottor Giuseppe Gerola, volume I. 1905; in-4°.

VÉRONE. *Accademia*. Atti e Memorie, vol. LXXX, 1904-1905.

BATAVIA. *Genootschap van Kunsten en Wetenschappen*.
Rapporten van de Commissie in Nederlandsch-Indië voor
oudheidkundig onderzoek op Java en Madouera. 1905.

Lönnerberg (Einar). Peter Artedi. A bicentenary Memoir
written on behalf of the Swedish royal Academy of science.
Translated by W. E. Harlock. Upsal, 1905; in-8° (44 p.).

Ramsay (W.). Decomposition of water by radium. Upsal,
1905; in-8° (3 p.).

COPENHAGEN. *Conseil permanent international pour l'exploration de la mer*. Bulletin des résultats acquis pendant les
courses périodiques, 1904-1905, n° 3. In-4°.

— Rapports et procès-verbaux, volume III, 1905. In-4°.

— Publications de circonstance. N° 13B. Die Ostersee
Fischerei in ihrer jetzigen Lage (2. Teil); von Erich Fischer.
N° 24-26. Kurze Beschreibung eines Propellstrammessers.
Mit einer Tafel (V. Walfrid Ekman). — Beschreibung des
Bifilar-Strommessers. Mit einer Tafel (O. Petersson). —
Prüfung von Strommessern und Strommessangesversuche
in der Nordsee. Mit zwei Tafeln. (C. H. Wind) 1905. —
N° 27. An Apparatus for the Collection of Bottom-Samples.
With 5 figures (W. Ekman), 1905.

CHRISTIANIA. *Meteorologisches Institut*. Jahrbuch, 1900-
1903, 4 vol. in-4°.

— *Archiv for Mathematik og Naturvidenskab*, 1904.

GOTHEMBOURG. *Högskola*. Arsskrift, 1904.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1905. — N° 11

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 4 novembre 1905.

M. P. DE HEEN, directeur.

M. le chevalier EDM. MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. C. Malaise, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, C. Le Paige, Léon Fredericq, J. Neuberg, A. Lancaster, A. Jorissen, P. Francotte, Paul Pelseneer, M^{ce} Delacre, *membres*; J. Massau, Aug. Lameere, Th. Durand et Max. Lohest, *correspondants*.

CORRESPONDANCE.

M. le Directeur, devant l'assemblée debout, annonce la mort de M. Gustave Dewalque, membre de la Section des sciences naturelles, décédé à Liège le 3 de ce mois.

M. Dewalque, né à Stavelot le 2 décembre 1826, a été élu correspondant le 16 décembre 1854, et membre titulaire le 16 décembre 1859. Comme directeur en 1870, il occupa, pendant cette même année, le fauteuil présidentiel. Il était le doyen d'ancienneté de la Classe comme il en était le doyen d'âge.

M. De Heen rappelle combien les travaux de M. Dewalque ont contribué à la réputation de l'Académie; c'est à cet éminent confrère que la Classe confia, en 1872, le Rapport séculaire sur ses travaux comprenant l'ensemble des sciences minérales.

M. Dewalque fut un des membres les plus assidus aux séances; aussi la Classe ressentira bien longtemps, ajoute-t-il, le vide qui vient de se produire dans ses rangs par la mort presque subite de l'un de ses membres les plus écoutés et les plus honorés.

Ses funérailles ont été fixées au lundi 6 novembre, à 11 heures. M. Malaise y parlera au nom de l'Académie.

Sur la proposition de M. de Heen, la Classe décide que, après l'expédition des affaires courantes, la séance sera levée en signe de deuil.

Il est ensuite donné notification de la mort de M. Albert von Koelliker, également associé de la Section

des sciences naturelles, décédé à Wurtzbourg le 2 novembre.

Une lettre de condoléance sera adressée aux familles Dewalque et von Koelliker.

— Hommages d'ouvrages :

1° A. *Données météorologiques* (4^e série). *Ephémérides météorologiques et naturelles*; B. *Le climat de la Belgique en 1903*; par Albert Lancaster;

2° *Le soin des eaux*; par C. Vanlair;

3° *La théorie physique, son objet et sa structure*; par P. Duhem, associé à Bordeaux;

4° *La structure de l'œuf des Mammifères* (deuxième partie); par O. Vander Stricht;

5° *Théorie nouvelle des pièces droites et courbes fléchies debout*; par Pierre Vandeuren.

— Remerciements.

— Travail manuscrit présenté :

Étude sur la réduction de l'isodypnopinacoline α ; par M. Daels. — Commissaires : MM. Delacre et Henry.

RAPPORT.

Contribution à l'étude de l'acide pyruvique;
par le Dr W. Oechsner de Coninck.

Rapport de M. W. Spring.

« M. Oechsner de Coninck a étudié l'action d'un certain nombre de substances oxydantes sur l'acide pyruvique; il a constaté que cet acide passe facilement à

l'acide acétique, à l'acide formique ou à l'acide carbonique.

J'ai l'honneur de proposer l'insertion de cette courte note dans le *Bulletin* de la séance. » — Adopté.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Note au sujet de l'action des sels d'aluminium sur la germination; par H. Micheels et P. De Heen.

Dans les cellules palissadiques des feuilles de *Symplocos lanceolata*, Radlkofer (1) a trouvé, en grande quantité, une substance figurée de nature minérale. Il a pu reconnaître, par l'analyse chimique des cendres foliaires et aussi en traitant des coupes par l'alizarine et la braziline, que l'on se trouvait en présence d'argile. Celle-ci constitue la moitié du poids des cendres (2).

L'argile se rencontrant d'ailleurs fréquemment dans les cendres végétales, il y avait quelque intérêt à rechercher si elle intervenait utilement dans la culture.

Dans un travail tout récent, Y. Jamano (3) expose les

(1) L. RADLKOFER, *Ueber Tonerdekörper in Pflanzenzellen*. (BERICHTE DER DEUTSCHEN BOTANISCHEN GESELLSCHAFT, 1904, XXII, Heft 4.)

(2) Vers l'année 1690, Rumphius (*Herb. Amboin.*, III, lib. V, cap. XV, p. 160) signalait déjà l'existence d'un arbre, appartenant très vraisemblablement au genre *Symplocos*, qu'il appelait *Aluynboom*, à cause de cette particularité que son écorce et ses feuilles pouvaient servir, en remplacement de l'alun, comme mordant dans la teinture au moyen de certains bois tinctoriaux.

(3) Y. JAMANO, *Can Aluminium salts Enhance Plant growth?* (BULLETIN COLLEGE OF AGRICULTURE, University Tokyo, vol. VI, n° 4, 1905, pp. 429-432.)

résultats des expériences qu'il a effectuées dans le but de résoudre ce problème.

Sur 2 kilogrammes de sol, il a employé 0^{re}2, 1 et 2 grammes d'alun ammoniacal et, comme témoin, du sulfate ammonique additionné de la quantité de sulfate monosodique nécessaire pour obtenir le même degré d'acidité.

Pour l'Orge, il a eu l'occasion de constater que la récolte en grains avait plus que doublé par rapport au témoin. De même pour le Lin, la hauteur des plantes et leur rendement étaient beaucoup plus élevés dans les trois vases de culture que chez le témoin.

Il pouvait donc conclure à une action favorisante de l'argile sur le développement de la plante.

Dans les cultures aqueuses, 0.2 % d'alun exerçaient, par contre, une action nuisible, et 0.8 déjà, une action très nocive.

Il convient de rappeler ici les résultats de certaines études que nous avons effectuées dans ces derniers temps.

En effet, nous avons vu le rôle favorable qu'exercent sur la germination des lames d'aluminium plongées dans la solution Sachs-Van der Crone très diluée.

Cette action, comme nous avons pu le constater, est plus manifeste encore si ces lames servent d'électrodes (1).

L'optimum est atteint lorsque le courant est fourni par une pile formée de deux éléments de Daniell (2).

(1) H. MICHELIS et P. DE HEN, *Note relative au mode d'action excitatrice exercée par les courants sur la germination*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], n° 7, 1905.)

(2) *Id.*, *Ibid.*

Il nous a paru intéressant aussi de rechercher si la présence d'un sel d'aluminium, tel que l'oxyde d'aluminium, c'est-à-dire un sel insoluble, favoriserait la germination. Voici les résultats que nous avons obtenus dans cette expérience.

Matériaux d'étude : *Froment*.

Durée de l'expérience : 23 février au 24 mars 1905.

	Orl de Al ² O ³ .	Par de Al ² O ³ .
Nombre de germinations (‰) . . .	68	88
Poids moyen des germinations (en grammes)	0.1425	0.124

L'addition d'oxyde d'aluminium à la solution employée est donc manifestement favorable au point de vue du rendement en poids.

Dans une expérience que nous avons relatée récemment (1), nous avons pu constater que le chlorure d'aluminium était très nocif à la dose de 0^m01 par litre de la même solution, mais il ne faut pas perdre de vue que ce sel est soluble.

Dans une troisième expérience, nous avons réuni trois cristallisoirs en série contenant la même quantité de la solution nutritive traversée par un courant donné par trois éléments de Daniell, qu'apportaient des électrodes en aluminium.

L'un des cristallisoirs recevait la solution filtrée; un deuxième, cette solution filtrée, puis additionnée de 5 grammes de kaolin; le troisième, la solution non filtrée.

(1) H. MICHEELS et P. DE HEEN, *Action de la solution colloïdale d'étain sur des graines en germination*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], n° 7, 1905.)

Matériaux d'étude : *Froment*.

Durée de l'expérience : 7 janvier au 2 février 1905.

	Solution filtrée.	Solution filtrée additionnée de 5 grammes de kaolin.	Solution ordinaire.
Nombre de germinations (%).	100	60	84
Poids moyen des germinations (en grammes)	0.2436	0.265	0.2583

Nous voyons ici aussi une action favorisante provoquée par un sel d'aluminium.

Ces résultats viennent donc, pour la germination, s'ajouter utilement à ceux obtenus par Y. Jamano pour le développement général.

Il y a lieu d'attirer tout spécialement l'attention du lecteur sur cette circonstance que ce sont les composés d'aluminium non solubles qui exercent une action efficace. On sait que, d'après la théorie de De Heen, toute particule de matière liquide ou solide atteignant une certaine limite de petitesse voit son état d'équilibre ionique compromis. L'orientation des ions, soit négativement, soit positivement, détermine les phénomènes électriques. L'action de ces particules, dites colloïdales, sur les organismes, et due à ces actions, sera évidemment d'autant plus intense que ces particules seront plus petites.

Ces actions seront bien différentes de celles exercées par des molécules en solution, lesquelles, contrairement à ce qu'on avait pensé jusqu'à présent, ne peuvent pas se comparer à des particules de forme sphérique ou polyédriques, mais bien à des fibres dont le nombre de brins représente le nombre d'atomes.

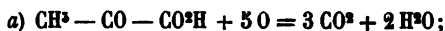
Institut de physique de l'Université de Liège.

Contribution à l'étude de l'acide pyruvique ()*; par le
Dr W. Oechsner de Coninck.

Action de SO^4H^2 concentré. — L'acide pyruvique a été dissous dans un excès de SO^4H^2 , puis chauffé très modérément. Presque aussitôt un dégagement gazeux abondant s'établit : il se sépare de l'oxyde de carbone mélangé avec une faible proportion de gaz carbonique. La liqueur noircit et se charbonne rapidement.

Action de AzO^3H . — L'acide azotique concentré attaque vivement, à une faible chaleur, l'acide pyruvique; il se dégage d'abondantes vapeurs nitreuses et il reste des cristaux d'acide oxalique.

Si l'on traite l'acide organique par AzO^3H étendu de cinq fois son volume d'eau, et qu'on chauffe très progressivement, il se dégage CO^2 et Az^2O^4 ; le liquide distillé renferme une très petite quantité d'acide formique :

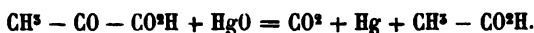


L'acide pyruvique réduit, avec l'aide d'une faible chaleur, la solution aqueuse d'acide chromique, les solutions aqueuses étendues de chlorure d'or et l'acide sélénique ($d = 1.4$). A une température plus élevée, l'acide pyru-

(*) Recherches faites à l'Institut de chimie de Montpellier.

vique réduit complètement une solution de nitrate mercurieux et transforme le chlorure mercurique en calomel.

Action des oxydes. — On chauffe, en présence d'oxyde rouge de mercure, de l'acide pyruvique à l'ébullition. Aussitôt il y a réduction, et il passe à la distillation une certaine quantité d'acide acétique :



La réaction est la même avec l'oxyde d'argent.

A l'ébullition, l'acide pyruvique réduit légèrement une solution aqueuse étendue de sulfate uranique. Si l'on fait l'expérience avec une solution étendue, ou moyennement concentrée, d'azotate d'uranium, il y a légère réduction et départ très net de gaz carbonique.

En remplaçant le nitrate d'uranium par le bichromate de potassium (en solution de concentration moyenne), on observe bientôt une réduction totale ; il y a séparation de gaz carbonique et production d'une petite quantité d'acide acétique.

25 octobre 1905.

COMITÉ SECRET.

La Classe arrête définitivement la liste de présentation des candidatures pour les places vacantes.



OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Lancaster (Alb.). Le climat de la Belgique en 1903, 18^e année. Bruxelles, 1905; in-12° (208 p. et 2 pl.).

— Données météorologiques (4^e série). Éphémérides météorologiques et naturelles. Bruxelles, 1905; in-12°, (290 p.).

Vanlair (C.). Le soin des eaux. Bruxelles, 1905; extr. in-8° (27 p.).

Monier (Marcel). Recherches chimiques sur quelques composés organiques du fer avec le tanin. Anvers, 1905; in-18° (7 p.).

— Le choléra des poules considéré au point de vue bactériologique. Renaix, 1905; in-8° (10 p.).

Vandeuren (Pierre). Théorie nouvelle des pièces droites et courbes fléchies debout. Liège-Paris, 1905; extr. in-8° (46 p.).

Van der Stricht (O.). La structure de l'œuf des Mammifères. 2^e partie : Structure de l'œuf ovarique de la femme. Bruxelles, 1905; extr. in-8° (35 p. et 3 pl.).

BRUXELLES. *État Indépendant du Congo*. Mission Émile Laurent (1903-1904). Énumération des plantes récoltées par Émile Laurent avec la collaboration de M. Marcel Laurent, par É. De Wildeman, fascicule II, 1905.

— *Institut de sociologie*. Actualités sociales, n° 9. La lutte contre la dégénérescence en Angleterre, par M. Boulenger et N. Enschedé, 1905; in-16°.

Duhem (P.). La théorie physique, son objet et sa structure. Paris, 1906; in-8° (450 p.).

AMSTERDAM. *Royal Academy*. Eclipse Committee. Total eclipse of the sun, May 18, 1901. N° 3 : Polarimetric study of the corona. N° 4 : Heat radiation of the sun during the eclipse (W.-H. Julius).

UTRECHT. *Hoogeschool*. Onderzoekingen gedaan in het physiologisch laboratorium (Pekelharing en Zwaardemaker), VI, 1^{ste} aflevering, 1905.

— *Nederlandsch gasthuis voor ooglijders*. Jaarverslag voor 1905, n° 46.

— *Koninkl. nederlandsch meteorologisch Instituut*. Étude des phénomènes de marée sur les côtes néerlandaises. — Tables des courants, par J. P. Van der Stok, 1905; in-8°.

Rodrigues (José-Julio). La Section photographique et artistique de la direction générale des travaux géographiques du Portugal. Lisbonne, 1877; in-8° (64 p. et 8 pl.).

Sars (G.-O.). An account of the Crustacea of Norway, vol. V, part 9 and 10. Bergen, 1905; in-8°.]

COPENHAGEN. *Zoological Museum*. The Danish Ingolf-Expedition, vol. VI, part 2, 1905; in-4°.

SAN FERNANDO. *Instituto y Observatorio de marina*. Almanaque náutico, 1907.

1701

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1905. — N° 12

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 2 décembre 1905.

M. P. DE HEEN, directeur.

M. le chevalier EDM. MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Éd. Van Beneden, C. Malaise, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, C. Le Paige, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, A. Lancaster, Julien Fraipont, A. Jorissen, Pol. Francotte, Paul Pelseneer, M^{ce} Delacre, *membres*; A. Gravis, J. Massau, Aug. Lameere, J. Massart et Max. Lohest, *correspondants*.

MM. Masius, vice-directeur, et Th. Durand, correspondant, font excuser leur absence.

La Classe s'associe à la lettre que la Classe des beaux-arts a adressée au Roi au sujet de la mort de S. A. R. M^{gr} le Comte de Flandre.

CORRESPONDANCE.

M. Malaise donne lecture du discours qu'il a prononcé, au nom de la Classe, lors des funérailles de Gustave Dewalque, qui ont eu lieu à Liège le 6 novembre. Des remerciements lui sont votés; son discours paraîtra au *Bulletin*.

M. Lohest accepte de faire pour l'*Annuaire* la notice nécrologique du défunt.

M. le Secrétaire perpétuel fait savoir qu'il a adressé une lettre de condoléance à M^{me} veuve G. Dewalque.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique transmet une nouvelle requête de M. de Selys Longchamps relative à la table belge de la Station zoologique de Naples. Il fait connaître, en même temps, les motifs qui l'ont obligé de se prononcer — comme suite aux rapports de MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau (voir *Bulletin* de janvier 1905) — pour M. Falloise, qui avait fait la même demande avant M. de Selys Longchamps, mais avec la réserve, ajoute M. le Ministre, que la table serait attribuée en 1906 à M. de Selys, au cas où celui-ci maintiendrait sa demande.

La demande de M. de Selys, ainsi que les requêtes de MM. Nolf et Legros, qui sollicitent également la faveur

d'aller étudier à Naples, sont renvoyées à l'examen des commissaires précités.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Trajectoire lumineuse et distance zénithale dans une atmosphère formée de couches planes parallèles*; par G. Cesáro;

2° *Résultats du voyage du S. Y. Belgica. Travaux hydrographiques et instructions nautiques*; par G. Lecointe, 1^{er} fascicule;

3° *Projet d'une exploration systématique des régions polaires*; par Henryk Arctowski.

— Remerciements.

— M. Delacre dépose sur le bureau un exemplaire de sa brochure imprimée portant pour titre : *Le droit de réponse à l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique*.

Cette brochure se rapporte à la décision suivante prise par la Classe dans sa séance du 14 octobre :

« M. Delacre donne lecture d'une réplique à la note de M. Swarts qui a paru dans le *Bulletin* du 3 juin; il en demande l'insertion au *Bulletin*. Après une réponse verbale de M. Swarts, la Classe, sur la proposition de l'un de ses membres, décide, par 13 voix contre 3 et 2 abstentions, de passer à l'ordre du jour. »

M. Delacre remet son manuscrit au bureau pour être déposé dans les archives.

Discours prononcé aux funérailles de Gustave Dewalque, au nom de la Classe des sciences (1), par C. Malaise, membre de l'Académie.

Je viens, au nom de la Classe des sciences de l'Académie royale de Belgique, adresser un dernier adieu au savant confrère, à l'éminent géologue Gustave Dewalque.

Admis à participer aux travaux de l'Académie depuis 1854, donc depuis plus d'un demi-siècle, c'est aussi depuis cette époque que j'ai l'honneur de le connaître : succédant à Dewalque comme répétiteur de géologie lorsqu'il remplaça André Dumont, j'ai pu apprécier dès lors le maître, puis l'ami.

Aucune branche des sciences n'est restée étrangère à l'activité de notre éminent confrère, mais c'est surtout la minéralogie, la géologie et la paléontologie qui témoignent de sa science.

Dès 1851, Dewalque avait eu un mémoire couronné au concours universitaire en réponse à la question : « Exposer et discuter les théories émises sur les causes qui déterminent l'action chimique. »

Il s'occupait beaucoup des phénomènes périodiques et il a publié de nombreuses notices sur l'état de la végétation à des dates fixes déterminées.

Il a fourni une centaine de notices à la *Biographie nationale*; il succéda à P.-J. Van Beneden en qualité de président de la Commission qui dirige cette publication.

Venons aux sciences minérales. Il a publié, en colla-

(1) Les funérailles ont eu lieu à Liège, le 6 novembre 1905.

boration avec le docteur Fr. Chapuis, un remarquable mémoire, couronné par la Classe des sciences en 1851, sur les fossiles des terrains secondaires de la province de Luxembourg. Il compléta ce travail plus tard par diverses notices.

Il a donné d'intéressants travaux à l'Académie et à la Société géologique de Belgique, notamment sur divers étages des terrains primaires et sur leurs fossiles; sur la constitution du système eifelien dans les bassins du Condroz et de Namur; sur le parallélisme des terrains ardennais et cambrien; sur des minéraux et des roches cristallines, etc.

C'est à Dewalque que la Classe demanda de faire le rapport séculaire sur les sciences minérales lors du centenaire de l'Académie en 1872.

A la séance publique de la Classe des sciences en 1870, il a fait un excellent discours : « Coup d'œil sur la marche des sciences minérales en Belgique. »

Il a également publié, dans les mêmes recueils, divers rapports sur des travaux soumis à son appréciation; il y discute les opinions des auteurs et émet souvent des idées spéciales.

Il a présenté des rapports à différents Congrès géologiques internationaux, sur l'uniformité de la nomenclature géologique, etc.

Il a fait pour la Société géologique de Belgique les comptes rendus des sessions extraordinaires d'Arlon, de Liège et de Marche.

Son *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*, publié en 1868 et réédité en 1880, est un ouvrage très documenté, où il nous donne une excellente

idée de ce qu'on connaissait à cette époque de nos terrains. Il le compléta par une liste, très heureusement triée, de fouilles caractéristiques des diverses formations.

La valeur scientifique de Gustave Dewalque avait été justement appréciée : le célèbre géologue Suess, de Vienne, l'avait en haute et sincère estime. Il était commandeur de l'Ordre de Léopold et officier de la Couronne d'Italie, membre de diverses sociétés géologiques de l'Europe, membre de plusieurs commissions gouvernementales.

Il avait été directeur de la Classe des sciences et président de l'Académie pendant l'année 1870.

L'Académie conservera toujours le souvenir de l'homme loyal et de l'éminent savant.

CONCOURS ANNUEL DE LA CLASSE.

PRIX LAGRANGE ET LEMAIRE.

Il est donné lecture des conclusions des rapports des commissaires qui ont jugé les travaux présentés pour le concours annuel de la Classe, ainsi que pour les prix Lagrange et Lemaire.

La Classe se prononcera sur ces conclusions dans la séance du 15 courant.

RAPPORTS.

—

Sur la proposition de MM. Le Paige et Neuberg, le *Bulletin* renfermera le travail suivant de G. Cesàro : *Les formules de la trigonométrie sphérique déduites de la projection stéréographique du triangle. — Emploi de cette projection dans les recherches sur la sphère.*

—

Sur la réduction de l'isodypnopinacoline α ; par M. Daels.

Rapport de M. Delacré, premier commissaire.

« M. Daels a obtenu directement, au moyen de l'isodypnopinacoline α $C^{32}H^{26}O$, trois produits d'hydrogénation : l'un fondant à 184° , un second fus. 178° , un troisième à l'état de traces fus. 156° .

L'action des alcalis sur fus. 184° a permis à l'auteur d'isoler un isomère nouveau fus. 162° .

Tous ces produits, que M. Daels considère comme des alcools, répondent à la formule $C^{32}H^{28}O$.

L'auteur a étudié principalement la déshydratation de fus. 184° et de fus. 162° . Un carbure se forme, $C^{32}H^{26}$, qui résiste malheureusement à l'hydrogénation et distille sans décomposition.

Le travail est riche en documents analytiques excel-

lents; les matériaux intéressants qu'il contient valent incontestablement d'être publiés, et cela malgré les imperfections de rédaction, qu'il sera facile à l'auteur de faire disparaître pendant la correction des épreuves.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe l'insertion de cette note dans le *Bulletin*. »

M. L. Henry, second commissaire, déclare se rallier à la conclusion de M. Delacre. — Adopté.

Sur le sélénium produit par les réducteurs organiques;
par MM. Oechsner de Coninck et Chauvenet.

Rapport de H. W. Spring.

« Les auteurs ont traité l'*acide sélénique* par divers acides et aldéhydes organiques; ils ont constaté sa réduction à l'état de sélénium brun ou rouge, excepté dans le cas de l'emploi de l'acide succinique et de l'acide acétique.

Je propose l'insertion de cette note dans le *Bulletin* de la séance. » — Adopté.

.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Observations au sujet de la fonction « alcool » ; par
Louis Henry, membre de l'Académie.

Notes de chimie classique.

Comme l'eau dans la chimie minérale, les *alcools*, dans la chimie organique, jouent un rôle prépondérant.

Dans l'exposé didactique de cette partie de la chimie générale, on assimile fonctionnellement les *alcools* aux bases métalliques hydroxylées et notamment aux *alcalis caustiques* $R(OH)$. Et l'on a raison au fond. Le caractère alcool réside, en effet, essentiellement dans l'*éthérification directe*, c'est-à-dire la transformation des alcools en *éthers-sels*.

Sous l'action des *acides libres*, l'*éthérification* est analogue, au fond, au fait de la *salification*, de la transformation des *bases hydroxylées* en *sels* sous l'action des acides, libres aussi.

Si cette assimilation est vraie au fond, on sait combien elle est éloignée de la réalité des faits, alors que, selon un usage constant, on regarde l'alcool ordinaire, l'alcool *éthylrique* $H_3C - CH_2(OH)$ et, ce qui serait plus logique, l'alcool *méthylrique* $H_3C - OH$, le plus simple de tous, comme l'alcool *par excellence*.

Identifier l'action d'un acide sur l'alcool ordinaire à l'action de ce même acide sur la potasse caustique, c'est faire de la théorie pure, de la chimie idéale, et la diffé-

rence énorme qui existe entre la réaction subie, en fait, par l'alcool et le schéma élémentaire qui la représente, crée dans l'esprit des commençants une difficulté qui ne peut être écartée qu'au prix d'un véritable effort intellectuel. Ajoutons à cela la difficulté qu'il y a à faire apparaître extérieurement, dans un court espace de temps, aux yeux de l'élève, par des modifications matérielles sensibles, le fait capital de l'*étherification* proprement dite, et l'on comprendra l'inévitable embarras dans lequel se débat tout professeur chargé d'un cours de chimie organique au commencement de son enseignement.

Mais les alcalis caustiques $R - OH$, représentants *fonctionnels* des alcools, sont eux-mêmes *constitutionnellement* assimilables à l'eau



dans lesquels elle se transforme, en fait, sous l'action des métaux alcalins, à l'état libre.

PREMIÈRE PARTIE.

Ces considérations préliminaires m'amènent à distinguer, dans le groupe des *alcools* en général, *deux types fondamentaux* :

a) Ceux qui sont, en réalité, assimilables fonctionnellement à la *potasse caustique* $K - OH$;

b) Et ceux qui sont prochainement, immédiatement assimilables à l'eau $H - OH$.

A. — ALCOOLS ASSIMILABLES A LA POTASSE CAUSTIQUE.

Pour caractériser fonctionnellement les alcalis caustiques et notamment la *potasse caustique* $K-OH$, il faut choisir un *acide* qui est exclusivement un *acide*. Le plus simple d'entre tous, l'acide chlorhydrique HCl , gazeux ou dissous dans l'eau, convient parfaitement pour cet objet.

Sa réaction sur la potasse caustique se caractérise par deux circonstances : elle est *rapide* et elle est *complète*.



Sous ce rapport, sont assimilables à la potasse caustique, les *alcools* que l'on qualifie, dans la langue usuelle, d'*alcools tertiaires*, renfermant le groupement $\overset{\cdot}{C} - (OH)$, associé à d'autres atomes de carbone voisins. On en trouve le type dans le plus simple d'entre eux, le *triméthyl-carbinol* $(H_3C)_3.C(OH)$, dans lequel il faut voir, contrairement à l'usage, l'alcool *par excellence*.

On sait combien est vive l'action de l'acide HCl gazeux sur le triméthyl-carbinol et quelles sont les particularités qui la caractérisent extérieurement (*). Au

(*) Dès 1888, Schramm signale l'action de HCl gaz, en présence de peu d'eau, sur le triméthyl-carbinol comme une méthode facile et expéditive de préparation du *chlorure de butyle tertiaire* $(CH_3)_3C.Cl$. Le rendement est théorique. Voir *Monatshefte für Chemie*, t. IX, p. 619.

Ce fait n'a pas été suffisamment remarqué.

L'aptitude réactionnelle des hydracides halogénés va, comme on le sait, en augmentant avec leur poids moléculaire. Aussi, l'action

point de vue où je me place, et pour le but auquel je veux atteindre, j'aime mieux m'arrêter à examiner l'action de l'acide HCl dissous dans l'eau et fumant (*).

Introduit dans son volume de cet acide chlorhydrique, le triméthyl-carbinol a à peine le temps de s'y dissoudre; le mélange se trouble instantanément et le chlorure formé, $\text{CH}_3 > \text{CH}_3 \cdot \text{CH}_3$, se rassemble en une couche surnageante insoluble que l'on peut apercevoir de loin, si l'on a eu soin de colorer l'alcool par une parcelle d'iode. Cette couche surnageante augmente rapidement et atteint enfin le volume, à peu de chose près, de l'alcool employé. Il est évident que, stimulée par une caléfaction légère, en plongeant, par exemple, l'éprouvette dans de l'eau tiède, cette réaction arrive plus rapidement encore à se compléter.

C'est là une véritable expérience de leçon du genre le plus instructif.

On sait que la présence des radicaux ou groupements étrangers fixés sur le carbone auquel est attaché l'hy-

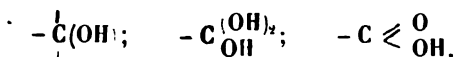
des hydracides HBr, et HI surtout, est-elle encore plus intense sur $(\text{CH}_3)_3\text{C}(\text{OH})$ que celle de HCl.

On sait, à la suite des expériences de M. M. Meslans (*), combien est faible l'aptitude à l'éthérification de l'acide fluorhydrique; mais M. Meslans a surtout, et presque exclusivement, mis en réaction l'alcool éthylique. Il serait intéressant de soumettre à l'action de ce composé des alcools tertiaires. Il est à prévoir que leur transformation en fluorure se réaliserait sans difficultés sérieuses.

(*) D'une densité 1.49 à la température ordinaire et renfermant 39 % de HCl gaz.

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. VII (7), p. 94, année 1896.

droxyle - OH modifie, et parfois profondément, les aptitudes réactionnelles de celui-ci. C'est ainsi que le voisinage de deux hydroxyles, ou ce qui en est l'équivalent, d'un atome d'oxygène, en change la nature en le rendant acide



Sans être aussi puissante, la présence de l'hydrogène dans le groupement *carbo-hydroxyle* - $\overset{\overset{|}{\text{O}}}{\underset{\underset{|}{\text{O}}}{\text{C}}}(\text{OH})$ en modifie grandement la *manière d'être* et la *manière d'agir* quant à l'hydroxyle - OH. Ainsi en est-il dans les alcools que l'on appelle les alcools *secondaires*, les alcools *primaires* et, à plus forte raison, dans l'*alcool méthylique*, le plus riche en hydrogène

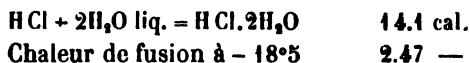
$\text{H} \overset{\overset{ }{\text{O}}}{\underset{\underset{ }{\text{O}}}{\text{C}}}(\text{OH})$	alcool secondaire,
$\text{H}_2\text{C} \overset{\overset{ }{\text{O}}}{\underset{\underset{ }{\text{O}}}{\text{C}}}(\text{OH})$	— primaire,
$\text{H}_3\text{C}(\text{OH})$	— méthylique.

B. — ALCOOLS ASSIMILABLES A L'EAU H - OH.

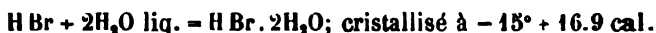
La présence immédiate de l'hydrogène fixé sur le carbone rapproche les groupements HC, H₂C et H₃C de l'hydrogène lui-même et l'*hydroxyle* - OH de ce qu'il est dans la molécule de l'eau elle-même H - OH.

Dirigés dans de l'eau liquide, les hydracides halogénés s'y dissolvent abondamment, comme l'on sait, en s'y combinant avec échauffement. Certains de ces hydrates, bien définis, se présentent même à l'état cristallin.

a) Acide chlorhydrique. — Hydrate cristallisé (*).



b) Acide bromhydrique. — Hydrate cristallin.



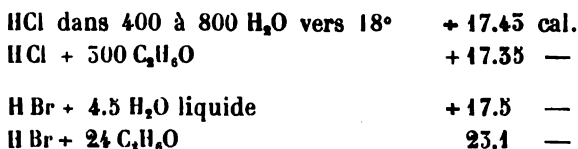
c) Dissolution des hydracides gazeux dans beaucoup d'eau (**).



Les hydracides gazeux, et j'ai en vue en ce moment principalement les acides HCl et HBr, sont aussi absorbés en grande quantité par les alcools primaires et les alcools secondaires avec échauffement (***).

Quelques faits remarquables sont à signaler à l'occasion de cette absorption.

1° Il arrive parfois qu'elle est accompagnée d'un dégagement de chaleur presque égal à celui que l'on constate pour l'eau elle-même dans les mêmes circonstances (iv).



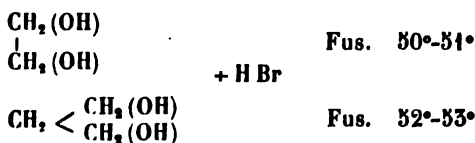
(*) BERTHELOT, *Les données expérimentales*. (THERMOCHEMIE, t. II, p. 50.)

(**) Environ 700 molécules.

(***) BERTHELOT, *ouvr. cit.*

(iv) Le composant - OH représente 94.44 % de la molécule H₂O de l'eau, et de la molécule des alcools C_nH_{n+1}-OH, une fraction d'autant

2° On peut même citer quelques composés cristallins, analogues aux hydrates formés par les acides HCl et HBr. Tels sont ceux formés par les glycols éthylénique et triméthylénique, etc. (*).



Une molécule de glycol équivaut à deux molécules d'eau H - OH.

Le fait est d'autant plus intéressant que le *glycol éthylénique tri-méthylé* $\begin{array}{c} \text{H}_5\text{C} \\ \text{H}_5\text{C} \end{array} > \text{C}(\text{OH}) - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$, à la

moindre que cette molécule est plus carbonée et, par conséquent, plus lourde.

Étage.	P. M.	- OH %.
C ₁	32	53.12
C ₂	46	36.95
C ₃	60	24.33
C ₄	74	22.97
C ₅	88	19.31
C ₆	102	16.66
C ₇	116	14.65
C ₈	130	13.07
C ₉	144	11.80

Il résulte de là que l'absorbabilité de ces hydracides dans les alcools diminue à mesure que l'on s'élève dans l'échelle de carburation.

Il serait intéressant de déterminer, par des mesures expérimentales précises, cette variation.

(*) WLADIMIR MOKIEWSKY, *Chemischer Centralblatt*, t. I de 1899, p. 591.

fois alcool tertiaire et alcool secondaire, ne forme pas de composé analogue (*).

3° En absorbant les hydracides halogénés, les alcools primaires et les alcools secondaires gagnent en général en consistance, ils deviennent épais et visqueux, parfois d'une manière considérable, en perdant l'aspect de liquides véritables (**).

4° Ces alcools épaissis, saturés de gaz HCl ou HBr, ne s'éthérifient que sous l'action de la chaleur, par une caléfaction plus ou moins prolongée (***).

(*) La formation de composés cristallins du glycol triméthylénique avec les acides H Br et HI gazeux a été reconnue, dès 1881, par A. Freund. Voir *Monatshefte der Chemie*, t. II, pp. 636 et 640.

(**) Je tiens à citer, à cette occasion, ce que dit M. Delacre (1) de la saturation de l'alcool pinacolique $(\text{CH}_3)_2\text{C} - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$, alcool secondaire, par les hydracides halogénés :

« Si la saturation de l'alcool par H Br se fait à froid, il se forme » d'abord une masse tellement épaisse qu'on a peine à la transvaser. » C'est probablement donc une combinaison d'alcool avec HBr, qui » dégage de l'eau par la chaleur (p. 185).

» La transformation de l'alcool pinacolique en son éther chlorhydrique se fait facilement par HCl; il se forme à froid, comme » avec H Br, un liquide tellement épais qu'on a peine à le transvaser. » Cependant le chlorure ne prend pas naissance, sous pression » ordinaire, au bain-marie; il est nécessaire de chauffer en vase clos.

» Il est nécessaire également de poursuivre les saturations successives, suivies de chauffe, tant que le mélange reste fumant, après » avoir été porté à 100°, pendant une demi-journée au moins (p. 191).

(***) L'aptitude à l'éthérification des hydracides halogénés, qui est à son minimum dans l'acide fluorhydrique, est à son maximum dans l'acide iodhydrique HI.

(1) Voir son mémoire : *Recherches sur la notion de l'individualité chimique à propos de la constitution de la pinacoline*. (MÉM. IN-8° DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des lettres], année 1904.)

Il y a sous ce rapport des différences notables à constater entre les alcools de diverses natures ; ce n'est pas le moment de m'en occuper ici. Je ne tiens à faire ressortir qu'*un seul fait*, c'est la différence qu'il y a, quant à leur aptitude à l'éthérification par les hydracides halogénés, entre les alcools primaires et secondaires d'une part, qui se rattachent à l'eau $H - OH$, et les alcools *tertiaires* d'autre part, qui se rattachent plutôt à la potasse caustique $K - OH$. La résistance qu'opposent les alcools primaires et secondaires à l'action des hydracides HCl et HBr contraste singulièrement avec la facilité et la rapidité de l'action de ces mêmes agents sur les alcools tertiaires.

Il y a là une *véritable caractéristique différentielle*.

Je ne puis me dispenser à cette occasion de faire remarquer quelle différence énorme il y a entre l'action des hydracides halogénés sur les alcools de divers genres et les réactifs, tels que l'*acide acétique* et l'*anhydride acétique* dont s'est servi M. N. Menschutkin, au cours de ses remarquables et classiques recherches, pour déterminer et préciser l'intensité du caractère « *alcool* » dans cette sorte de composés fonctionnels.

C. — ACTION DU CHLORURE D'ACÉTYLE SUR LES ALCOOLS DE DIVERS GENRES.

Le *chlorure d'acétyle* $(H_3C - CO)Cl$, qui renferme tout à la fois les radicaux négatifs Cl de l'acide HCl et $CH_3 - CO$ de l'acide acétique, établit une différence non moins grande entre les *alcools primaires et secondaires* d'une part et les *alcools tertiaires* d'autre part.

Au point de vue pratique, elle est même plus intéressante et plus importante que celle qui se tire de l'action de l'acide chlorhydrique, parce qu'elle est plus rapide, plus facile à exécuter et même extérieurement plus apparente.

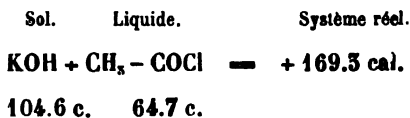
Sous l'action du chlorure d'acétyle, les *alcools primaires* et les *alcools secondaires* se transforment en acétates avec dégagement d'acide HCl. On sait combien est intense cette réaction et quelles sont les particularités qui la caractérisent.

Les *alcools tertiaires*, au contraire, dans les mêmes conditions se transforment en *chlorures* avec formation d'acide acétique libre.

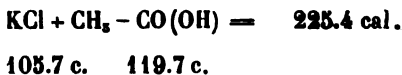
Il y a longtemps déjà que le fait a été constaté; mais il méritait d'être signalé à l'attention des chimistes plus qu'on ne l'a fait jusqu'ici.

Sous ce rapport, les *alcools tertiaires* se comportent une fois encore à la façon des alcalis caustiques. Cette réaction, comme les équations suivantes le démontrent, est conforme au principe du travail maximum.

Avant.



Après.



Système non réalisé.

Avant.

104.6 c. 64.7 c.

Après.

22 c. 175.7 c.

Je ne rapporterai de cette réaction qu'un seul exemple, celui de l'alcool *pinacolique* $\text{C}_6\text{H}_{13} - \text{OH}$, parfois encore regardé comme un alcool tertiaire à la manière de Friedel, autrefois. Soumis à l'action du chlorure d'acétyle, en quantités équimoléculaires, il se transforme d'une manière très nette en *acétate* $\text{C}_6\text{H}_{13} . \text{OCO} - \text{CH}_3$, liquide très odorant, bouillant fixe à 143° sous la pression de 757 millimètres (*).

Cet acétate avait été fait autrefois par Friedel par l'action de l'*iodure pinacolique* $\text{C}_6\text{H}_{13} . \text{I}$ sur l'acétate d'argent et décrit comme bouillant à la température de $143^\circ - 145^\circ$.

Dans les mêmes circonstances, l'isomère tertiaire de l'alcool *pinacolique*, à savoir le *diméthyl-isopropyl-carbinol*, éb. $116^\circ - 117^\circ$, $\begin{smallmatrix} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{smallmatrix} > \text{C(OH)} - \text{CH} < \begin{smallmatrix} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{smallmatrix}$, produit de la réaction du méthyl-bromure de magnésium $\text{CH}_3 . \text{Mg} . \text{Br}$

(*) Je tiens de la libéralité de M. Delacre l'échantillon d'alcool pinacolique très pur qui a servi à cette constatation. J'aime à en remercier mon savant collègue.

sur l'*isobutyrate de méthyle* $(\text{H}_3\text{C})_2 \cdot \text{CH} - \text{CO}(\text{OCH}_3)$, se transforme en son éther chlorhydrique (*).

J'ai fait connaître plus haut, d'après les indications de M. Delacre, comment se comporte l'*alcool pinacolique* avec l'acide chlorhydrique. Il en est tout autrement de son isomère, le *diméthyl-isopropyl-carbinol* $(\text{CH}_3)_2 \cdot \text{C}(\text{OH}) \cdot \text{CH} < \begin{smallmatrix} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{smallmatrix}$, qui se transforme rapidement en son dérivé chlorhydrique, tant sous l'action de HCl gazeux que sous l'action de l'acide HCl fumant (de 40 %). Saturé de HCl gaz à froid, il s'échauffe et, sans tarder, se partage en deux couches liquides, dont l'une est l'éther et l'autre de l'eau saturée de HCl. Mélangé à son volume de HCl aq. fumant, il s'y dissout d'abord; la liqueur claire ne tarde pas à se troubler; chauffée pendant quelques instants dans de l'eau tiède vers 50°-60°, elle laisse séparer une couche surnageante, parfaitement incolore, dont le volume est sensiblement égal à celui de l'alcool employé. Cet éther chlorhydrique, dont je n'ai pas à m'occuper ici, bout vers 110°-111°. C'est bien ainsi que se comportent les alcools tertiaires.

Je tiens à faire remarquer que dans l'esquisse des propriétés du composant - C(OH), je n'ai eu en vue que les alcools *tertiaires simples*, c'est-à-dire exclusivement ceux qui se rattachent à un hydrocarbure non modifié. Je ferai

(*) Cette réaction constitue une méthode fort avantageuse pour obtenir le *diméthyl-isopropyl-carbinol*. L'éther isobutyrique détermine dans la solution magnésienne un précipité grenu. Le tout est laissé comme tel pendant une nuit. On a suivi le traitement ordinaire. Le rendement de l'opération correspond à 83 %.

voir dans une prochaine communication combien le voisinage de certains groupements carbonés, chargés d'éléments négatifs, modifie profondément les propriétés de l'*hydroxyle* - OH, alcool tertiaire.

D. — EXPÉRIENCES DIVERSES.

Je rapporterai ici quelques expériences propres à faire ressortir les différences d'aptitude réactionnelle des alcools de divers genres vis-à-vis des réactifs précédemment signalés (*).

1° *Action de l'acide chlorhydrique* sur un mélange équimoléculaire d'alcools isomères, l'un tertiaire, l'autre primaire.

a) Triméthyl-carbinol $(\text{CH}_3)_3\text{-C(OH)}$ et alcool isobutylique $(\text{H}_3\text{C})_2\text{CH} \cdot \text{CH}_2(\text{OH})$. On a pris 15 grammes de chacun, soit $\frac{2}{10}$ de molécule.

Le mélange a été saturé de gaz HCl, sans refroidir, à la température ordinaire : 11 grammes de gaz ont été absorbés. Il en aurait fallu 14 pour l'éthérification de toute la masse. Le liquide reste homogène. On le verse dans trois fois son volume d'acide HCl aq. fumant (d'environ 40 %). Il se forme une couche surnageante qui, décantée et mise encore en contact avec de l'acide HCl fumant, a fourni à la distillation, après lavage au carbonate potassique et dessiccation, 15 grammes d'éther chlorhydrique $(\text{CH}_3)_3\text{CCl}$ bouillant avant 55°. La quantité d'alcool tertiaire employée correspond à 18 grammes.

(*) Ces expériences datent de l'été de 1903.

L'acide chlorhydrique dans ces conditions a donc éthérifié exclusivement l'alcool tertiaire.

On peut inférer de là que le glycol isobutylénique $(\text{H}_3\text{C})_2 \cdot \text{C}(\text{OH}) \cdot \text{CH}_2(\text{OH})$, soumis à l'éthérification chlorhydrique, fournira exclusivement la *chlorhydrine* alcool primaire $(\text{H}_3\text{C})_2 \cdot \text{CCl} - \text{CH}_2(\text{OH})$, isomère de la chlorhydrine alcool tertiaire $(\text{H}_3\text{C})_2 - \text{C}(\text{OH}) - \text{CH}_2\text{Cl}$, produit de la réaction de $\text{H}_3\text{C} \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_2\text{Cl}$ sur $\text{CH}_3 \cdot \text{Mg} \cdot \text{Br}$ (Tiffeneau) ou $\text{ClCH}_2 \cdot \text{CO}(\text{OCH}_3)$.

b) Diméthyl-éthyl-carbinol $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ et alcool amylique ordinaire $(\text{H}_3\text{C})_2 \cdot \text{CH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2(\text{OH})$, $\frac{2}{10}$ de molécule, soit 17 grammes de chacun. Le mélange des deux alcools a été soumis au même traitement que celui que je viens de décrire.

L'absorption du gaz HCl , sans refroidir, fait d'abord apparaître deux couches dans la masse liquide; ces deux couches finissent par disparaître alors que la saturation chlorhydrique est complète; 12 grammes de gaz ont été absorbés, ce qui correspond presque à $\frac{4}{10}$ de molécule de HCl .

Introduite dans deux à trois fois son volume de HCl aq fumant, la masse liquide laisse séparer une couche insoluble surnageante qui est exclusivement l'éther chlorhydrique tertiaire $(\text{H}_3\text{C})_2 \cdot \text{CCl} - \text{C}_2\text{H}_5$. Éb. $85^\circ - 86^\circ$. On en recueille 17 grammes. Il en aurait fallu théoriquement 21 grammes, donc une fois encore éthérification exclusive de l'alcool tertiaire.

2° Action de l'acide HCl sur des alcools de divers genres en présence de l'acide acétique.

a) Diméthyl-éthyl-carbinol $(\text{H}_3\text{C})_2\text{C} \cdot (\text{OH}) - \text{C}_2\text{H}_5$.

9 grammes d'alcool ont été mélangés à 6 grammes

d'acide acétique, et la masse a été saturée de gaz HCl sec. Il s'est formé deux couches liquides La couche surnageante est insoluble dans HCl aq. fumant. Elle pèse 10^{gr}50.

C'est exclusivement de l'éther chlorhydrique, bouillant totalement avant 90°. L'acétate correspondant $(\text{CH}_3)_2\text{C} \cdot (\text{OCO} \cdot \text{CH}_3) - \text{C}_2\text{H}_5$ bout à 124°-125°. Il en aurait fallu 13 grammes.

L'acide acétique n'a donc pris aucune part à l'éthérification.

b) Isobutyl-carbinol $(\text{H}_3\text{C})_2\text{CH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2(\text{OH})$. Aussi, 9 grammes d'alcool et 6 grammes d'acide acétique, absorption de 3 grammes d'acide HCl gazeux. Le liquide reste homogène. Soumis à la distillation après lavage à l'eau et dessiccation, il passe presque totalement à 138°-140°. C'est de l'acétate d'amyle $(\text{H}_3\text{C})_2 \cdot \text{CH} \cdot \text{CH}_2(\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2)$. On en recueille 11 grammes, il en aurait fallu théoriquement 13.

On peut donc regarder l'éthérification acétique comme complète.

3° Action de l'acide HCl sur un mélange équimoléculaire d'alcools isomères, tertiaire et primaire, en présence de l'acide acétique.

Les alcools employés sont les deux alcools en C_5 dont il vient d'être question.

On a pris $\frac{1}{10}$ de molécule de chacun, soit 18 grammes en tout, et 12 grammes d'acide acétique. Le mélange est homogène. Saturé de gaz HCl, il en absorbe 8 grammes. La masse liquide se sépare à un moment donné en deux couches. La couche inférieure, qui pèse 10 grammes, est de l'eau saturée de gaz HCl. La couche surnageante,

lavée jusqu'à réaction neutre, desséchée et distillée, fournit à la distillation :

- 1° 9 grammes de liquide passant de 80° à 90° ;
- 2° 3 grammes passant de 90° à 135° ;
- 3° Et 10 grammes passant de 135° à 140°.

C'est donc un mélange d'éther chlorhydrique en C_3 tertiaire $\frac{CH_3}{CH_3} > CCl - C_2H_5$, éb. 86°, et d'acétate primaire $(CH_3)_2CH - CH_2 - CH_2(C_2H_5O_2)$, bouillant vers 140°.

Ce résultat était à prévoir.

Si l'acétate d'éthyle se dissout *bien* dans HCl aq. concentré, il n'en est pas tout à fait ainsi de l'*acétate d'amyle*, dont la dissolution est plus difficile.

4° Action de HCl gaz sur les éthers acétiques.

On sait quelle force de résistance opposent les éthers acétiques des alcools tertiaires à l'action de HCl gazeux.

Il n'en est pas de même des éthers acétiques des alcools tertiaires, et il y a déjà longtemps que Konowaloff a signalé le fait intéressant de la transformation de l'acétate du *diméthyl-éthyl-carbinol* $(CH_3)_2 \cdot C(C_2H_5O_2) \cdot C_2H_5$ en acide acétique et éther chlorhydrique $(CH_3)_2 \cdot CCl - C_2H_5$, sous l'action de HCl gazeux, *déjà à froid* (*).

Cela étant, il m'a paru intéressant d'examiner la réaction du chlorure d'acétyle sur un éther simple *mixte* correspondant à un *alcool tertiaire* et à un *alcool primaire*.

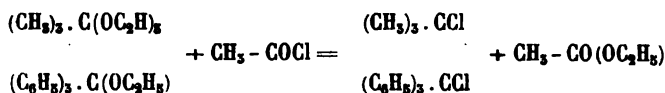
J'ai choisi l'éther mixte des alcools en C_4 , $(CH_3)_3 \cdot C - O - CH_2 - CH < \frac{CH_3}{CH_3}$. 13 grammes, soit $\frac{1}{10}$ de molécule, ont été mis en réaction; on y a laissé tomber goutte à

(*) *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. I et t. II (1888).

goutte 9 grammes de $\text{CH}_3 - \text{COCl}$, dans un appareil à reflux. Il se produit après peu de temps une réaction assez vive, et le liquide se met à bouillir. Il se dégage quelque peu de HCl ; peut-être que l'éther mixte n'était pas absolument sec. On a laissé le tout comme tel sans chauffer pendant une journée.

A la distillation fractionnée, la masse se sépare assez bien en deux parties, l'une bouillant vers $50^\circ\text{--}55^\circ$, qui est du *chlorure de butyle tertiaire* $(\text{CH}_2)_3 \cdot \overset{\cdot}{\text{C}} \cdot \text{Cl}$, éb. 52° , l'autre bouillant vers 115° , qui est de l'*acétate d'isobutyle* $(\text{CH}_3)_2 \cdot \text{CH} \cdot \text{CH}_2 (\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2)$, éb. 116° .

On sait déjà que les dérivés éthyliques du *triméthyl-* et du *triphényl-carbinol* sous l'action du *chlorure d'acétyle* fournissent le dérivé chlorhydrique tertiaire - $\overset{\cdot}{\text{C}} - \text{Cl}$ et l'acétate d'éthyle



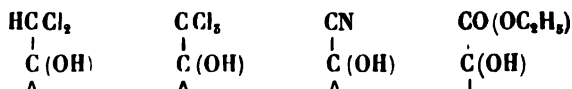
Pour terminer, je rapporterai encore deux expériences se rattachant à cet ordre d'idées, l'action des acides HCl et HBr gazeux sur un mélange équimoléculaire d'alcool *méthylique* $\text{H}_3\text{C} - \text{OH}$ et de *tri-méthyl-carbinol* $(\text{H}_3\text{C})_3 - \text{C}(\text{OH})$, maintenu dans l'eau froide.

Pendant la saturation, le liquide se trouble et se sépare enfin en deux couches.

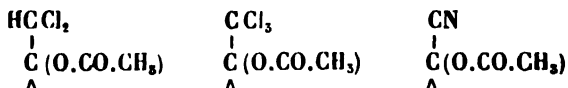
On a constaté que la couche surnageante se constitue exclusivement du dérivé *haloïde tertiaire* $(\text{CH}_3)_3 \cdot \text{CCl}$, éb. 52° , et $(\text{CH}_3)_3 \cdot \text{CBr}$, éb. 72° .

Quoique le fait fût aisé à prévoir, il n'était pas inutile de le constater, eu égard à la nature toute spéciale de l'*alcool méthylique* $\text{H}_3\text{C} - \text{OH}$, que l'on est habitué à regarder comme l'alcool « *par excellence* ».

Je tiens à signaler dès à présent que le voisinage immédiat de composants carbonés renfermant des éléments négatifs, tels que $-\text{CN}$, $-\text{CHCl}$, CH_2Cl et $-\text{CCl}_3$, $-\text{CO}(\text{OH})$ et les dérivés éthers correspondants, modifie profondément l'*aptitude réactionnelle* de $-\text{OH}$ des alcools tertiaires, tout à la fois vis-à-vis de HCl et du chlorure d'acétyle $\text{H}_3\text{C} - \text{COCl}$. C'est ainsi que les systèmes



deviennent inertes en présence de HCl et sont transformés par le *chlorure d'acétyle* en *acétates*.



Je m'occuperai de cet objet dans une communication ultérieure.

Je tiens à constater, en terminant, pour l'en remercier, toute la part qui revient à mon assistant, M. Auguste De Wael, dans la partie expérimentale de ces recherches.

Contribution à la théorie des ménisques capillaires (deuxième partie); par G. Van der Mensbrugghe, membre de l'Académie.

Dans la première partie de ce travail (1), j'ai tâché de prouver que si un liquide s'élève au-dessus du niveau le long d'une paroi solide, c'est parce que les tranches liquides les plus voisines de la couche mouillante éprouvent une élasticité de compression suffisante pour les étaler sur la surface libre du solide supposé parfaitement nettoyé. Les tranches ainsi étalées en soulèvent d'autres plus éloignées de la paroi, et cela de proche en proche, jusqu'à ce qu'il se forme un ménisque concave dont le poids est équilibré par la tension superficielle de la surface libre du liquide. Comme je l'ai rappelé depuis longtemps, le physicien italien Mossotti avait présenté des considérations du même genre vers 1843 (2); mais on n'y a pas eu égard, sans doute parce qu'on a jugé les liquides comme trop peu compressibles pour que leur élasticité soit modifiée au voisinage d'un corps solide. C'est pourquoi je désire compléter ce que j'ai déjà dit du cas des ménisques concaves, et rechercher comment varie la force élastique à partir de la couche mouillante.

A cet effet, remarquons qu'un filet vertical quelconque

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 3, p. 121, 1905.

(2) *Lezioni di fisica mathematica*. Florence, 1843.

mn (fig. 1) d'un ménisque concave n'est en équilibre que grâce à la composante verticale de la tension appliquée à l'extrémité libre; par conséquent, la hauteur du filet

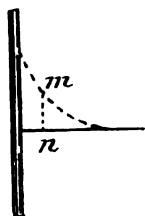


FIG. 1.

au-dessus du niveau doit diminuer à mesure que décroît la composante en question; sans doute la densité du liquide constituant le ménisque a sensiblement la même valeur partout; mais il n'en est pas de même de la force élastique aux

différents points; car les choses se passent ici comme dans tous les cas où un liquide est soulevé par une force quelconque au-dessus d'un plan horizontal où règne la pression atmosphérique: à une hauteur h au-dessus du niveau, la force élastique x est égale à $P - h\delta$, P étant la pression atmosphérique et δ la densité.

A l'appui de cette formule, je crois suffisant de rappeler une expérience que j'ai faite en 1893 (1), afin de bien montrer qu'un liquide soulevé au-dessus du niveau n'a pas même constitution que le liquide inférieur à ce niveau. Dans ce but, j'ai invoqué une propriété très curieuse relative à la hauteur capillaire H d'un liquide de tension superficielle F et de densité δ dans un tube de diamètre intérieur $2r$. Cette hauteur H est égale à $\frac{2F}{\delta r}$, d'où l'on a conclu que l'équilibre du liquide suspendu ne dépend pas du volume de la partie soutenue par le ménisque capil-

(1) *Sur la pression hydrostatique négative.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3^e sér., t. XXV, p. 371.)

laire terminal, pourvu que celui-ci ait pour contour une circonférence de diamètre $2r$.

Pour tirer parti de cette propriété, j'ai opéré de la manière suivante : Un tube de verre de 12 millimètres de diamètre a été fermé à l'un des bouts par un bouchon de liège B percé d'une ouverture très étroite et destinée

à livrer passage à un tube extrêmement fin t , ayant environ $0^{\text{mm}}5$ de diamètre moyen intérieur; le bouchon a été ensuite couvert de cire à cacheter, afin qu'il fût bien fixé dans le tube T et qu'il fût imperméable à

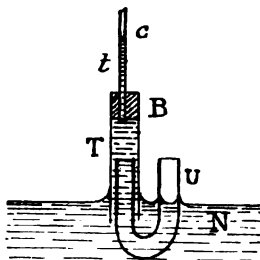


FIG. 2.

l'air. La figure 2 montre la disposition de l'appareil quand le ménisque capillaire c soutenait non seulement la partie cylindrique très mince, mais encore tout le liquide contenu dans le tube T jusqu'au niveau N; la hauteur totale H du liquide soutenu était d'environ 60 millimètres.

Cela étant, j'ai introduit dans le gros tube T l'une des branches d'un assez large tube en U, complètement rempli d'eau et fermé à l'autre branche. Or, aussitôt après avoir débouché celle-ci, j'y ai vu descendre l'eau à peu près jusqu'au niveau, et cela d'autant plus près que le diamètre du tube en U était plus grand. Je pouvais alors soulever ou abaisser ce tube de manière à amener l'extrémité de la branche plongée plus ou moins haut au-dessus du niveau : toujours le liquide de la branche libre revenait très près de ce niveau.

Cette expérience montre bien, selon moi, que la force

élastique de l'eau soutenue dans le gros tube **T** est moindre que celle du vase même; on voit de plus que cette élasticité est d'autant moindre que le liquide est plus élevé au-dessus du niveau. Conséquemment, dans le ménisque concave (fig. 1), la force élastique diminue à partir du niveau jusqu'à la surface terminale, et cela dans toutes les sections verticales parallèles à la surface mouillée du corps solide, sauf dans le voisinage immédiat de celui-ci; car, ainsi que je l'ai démontré dans ma première communication, dans la couche mouillante, l'élasticité de compression augmente au contraire à mesure que les tranches liquides sont plus près du solide.

II. — *Cas des ménisques convexes.*

Comme je l'ai déjà dit en 1901 (1), le physicien français Biot (2) admet que le mercure bien sec peut affecter une surface convexe dans un tube parfaitement débarassé de toute humidité. S'il en était réellement ainsi, le mercure pourrait mouiller le verre, et dès lors l'adhésion des deux corps serait suffisante pour résister à l'action de la pesanteur. Biot va jusqu'à déclarer formellement que, si l'on enlève tout corps capable d'empêcher un liquide d'adhérer au verre, il se forme toujours un ménisque concave. Il cite à l'appui les tubes barométriques d'où l'on a complètement chassé l'air et les vapeurs, en y fai-

(1) *Sur un cas particulier d'équilibre d'une colonne de mercure.* (ANN. DE LA SOC. SCIENT. DE BRUXELLES, t. XXV, avril 1901.)

(2) *Physique expérimentale*, t. I, p. 458.

sant bouillir le mercure à plusieurs reprises. Il a soin d'ajouter à cet égard qu'une seule ébullition ne suffit pas, ce que prouvent les baromètres ordinaires, où le mercure affecte toujours la forme convexe au sommet de la colonne.

D'après ce qui précède, il serait bien difficile de réaliser un ménisque concave avec le mercure et le verre; cela n'est pas étonnant, car même si l'on parvenait à débarrasser le verre de toute impureté, on ne réussirait pas à garder la surface du mercure suffisamment propre; car, à cause de la grande densité de ce liquide-métal, comme on l'a appelé, il attire toutes sortes de corpuscules partout et toujours répandus dans l'air; voilà pourquoi on ne peut pas même satisfaire un seul instant à la condition supposée par Clairaut pour expliquer la naissance d'un ménisque convexe. J'estime donc que la théorie du physicien français n'est acceptable ni pour les ménisques concaves ni pour les ménisques convexes.

En fait, tandis que la couche superficielle du verre propre se laisse pénétrer par celle de l'eau ou de l'alcool, ce qui détermine la formation d'un ménisque concave, les particules de la surface du mercure n'arrivent pas en contact suffisant avec le verre; voilà pourquoi il se forme alors un ménisque convexe qui descend au-dessous du niveau jusqu'à ce que la composante verticale de la force contractile du mercure au point le plus rapproché du verre fasse équilibre au poids du mercure déprimé.

Les formules de la trigonométrie sphérique déduites de la projection stéréographique du triangle. — Emploi de cette projection dans les recherches sur la sphère; par G. Cesàro, professeur à l'Université de Liège.

Dans une note précédente (*), nous avons montré que les formules de la trigonométrie sphérique pouvaient se déduire immédiatement de deux triangles rectilignes qui ont été appelés *triangle des éléments* et *triangle dérivé*. Nous venons de retrouver les mêmes triangles en examinant la projection stéréographique du triangle sphérique.

Triangle des éléments.

THÉOREME. — *La projection stéréographique, sur un plan normal au rayon passant par un sommet du triangle sphérique ABC, du triangle rectiligne obtenu en joignant les sommets entre eux, est semblable au triangle des éléments.*

En effet, soit d'abord (fig. 1) $A'B'C'$ la projection stéréographique du triangle sphérique sur un plan quelconque; si l'on mène les tangentes aux cercles $A'B'$, $A'C'$, $B'C'$, l'angle de deux grands cercles se projetant en vraie grandeur, on a

$$\widehat{HA'K} = A, \quad \widehat{KB'D} = B, \quad \widehat{DC'H} = C.$$

(*) Voir *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique (Classe des sciences)*, 1905, n° 9-10, p. 434.

Si donc nous désignons par 2ε , $2\varepsilon'$, $2\varepsilon''$ les angles que font entre elles les tangentes à un même cercle, on a

$$2(\varepsilon + \varepsilon' + \varepsilon'') = A + B + C - 180^\circ = 2E.$$

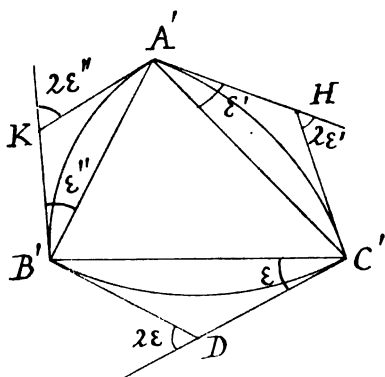


FIG. 1.

Les valeurs des angles du triangle rectiligne $A'B'C'$ sont donc

$$\begin{aligned} A' &= A - (\varepsilon' + \varepsilon'') = A - E + \varepsilon \\ B' &= B - E + \varepsilon' \\ C' &= C - E + \varepsilon''. \end{aligned}$$

Si, à présent, nous supposons que la projection soit faite sur le plan normal au diamètre passant par le sommet A , les arcs $A'C'$, $A'B'$ se confondant avec leurs tangentes et cordes respectives, on a

$$\varepsilon' = \varepsilon'' = 0$$

et, partant,

$$\varepsilon = E. \quad (1)$$

quant à a' , comme le quadrilatère $BCC'B'$ est inscriptible (*), on a

$$\frac{a'}{2 \sin \frac{a}{2}} = \frac{OB'}{OC} = \frac{\sec \frac{c}{2}}{2 \cos \frac{b}{2}},$$

$$a' = \frac{\sin \frac{a}{2}}{\cos \frac{b}{2} \cos \frac{c}{2}} (**).$$

Vérification. — On peut vérifier sur la figure 2 la similitude du triangle des éléments, tel qu'il a été défini, avec la projection stéréographique du triangle rectiligne ABC . Pour tracer le premier, nous avons pris des distances $A'A = A'B = A'C = 1$, mené en un point quelconque de l'arête AA' un plan perpendiculaire, qui coupe le plan ABC suivant $B''C''$: le triangle $B''C''A'$ est le triangle des éléments. Or, les triangles semblables $A'C'O$, $AA'B''$ donnent

$$A'C' \cdot A'B'' = 1,$$

et l'on a, de même,

$$A'B' \cdot A'C'' = 1.$$

Donc, etc. (***).

(*) $OC \cdot OC' = OA \cdot OA' = OB \cdot OB'$.

(**) En multipliant les trois côtés par $\cos \frac{b}{2} \cos \frac{c}{2}$, on obtient

$$a' = \sin \frac{a}{2}, \quad b' = \sin \frac{b}{2} \cos \frac{c}{2}, \quad c' = \sin \frac{c}{2} \cos \frac{b}{2},$$

c'est à-dire le triangle représenté par la figure 2 de la note citée (p. 437).

(***) Les deux triangles occupent des positions inverses : dans le triangle des éléments, l'angle $B-E$ est opposé au dièdre B , tandis que dans la projection stéréographique, le même angle est opposé à C .

Triangle dérivé.

Prolongeons le côté BC du triangle sphérique de manière à compléter le grand cercle (fig. 3) et, dans l'hémisphère ainsi formé, prolongeons les arcs AB, AC

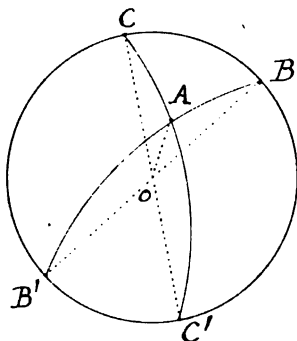


FIG. 3.

jusqu'à la rencontre de la base. Projetons stéréographiquement l'hémisphère sur un plan normal à OA ; il est facile de voir que la projection de l'un des triangles rectilignes ABC' , CAB' , constitue ce que nous avons appelé *triangle dérivé*, c'est-à-dire un triangle ayant pour angles $180^\circ - A$, E , $A - E$.

La projection est représentée par la figure 4 (*); les arcs BAB' , CAC' se projettent suivant des droites passant

(*) Dans les figures 3 et 4, un même point est représenté par la même lettre.

par le centre de projection A (*), les points B', C' étant donnés par

$$AB'AB = AC'AC = 1. \quad (2)$$

Nous avons vu que le triangle ABC a pour angles

$$A, \quad B - E, \quad C - E.$$

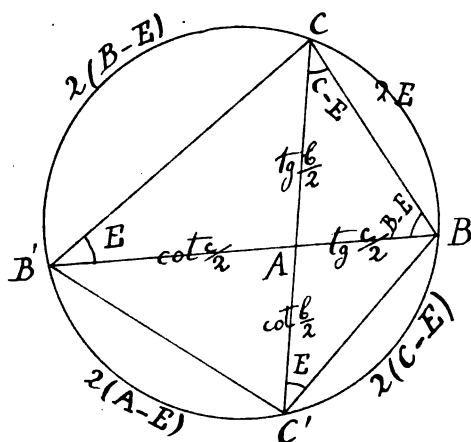


FIG. 4.

En outre, l'égalité (1) prouve que dans la projection stéréographique faite sur un plan normal au rayon passant par l'un des sommets du triangle, l'excès sphérique (fig. 1) est représenté par l'angle que font les tangentes au côté qui se projette suivant un cercle, c'est-à-dire par ce côté lui-même. Il s'ensuit que $B' = E$ et, par conséquent, que

(*) Le cercle d'horizon n'est pas dessiné; c'est un cercle de centre A et de rayon 1.

B'AC est le triangle dérivé relatif à l'angle A. On passe facilement des côtés de ABC à ceux d'un triangle dérivé, à ceux de ACB' par exemple : il suffit, en laissant b inaltéré, de changer a en $180^\circ - a$ et c en $180^\circ - c$, ce qui donne

$$AB' = \cot \frac{c}{2} \quad (*), \quad CB' = \frac{\cos \frac{a}{2}}{\cos \frac{b}{2} \sin \frac{c}{2}} \quad (**).$$

Observation. — Dans la figure 4, chaque arc BC, CB', B'C', C'B représente l'excès sphérique d'un des triangles formant l'hémisphère de la figure 3. Comme vérification, on peut observer que $BC + CB' = 2B$, ce qui doit être, car la somme des aires des triangles ABC et CAB' doit donner celle du fuseau B.

*
* *

Rayon du cercle circonscrit.

On peut aussi obtenir directement, par la projection stéréographique, les propriétés relatives au cercle circonscrit au triangle sphérique. *Ce cercle se projette suivant le*

(*) Ce qui est une vérification de la propriété (2).

(**) En multipliant les trois côtés du triangle dérivé par $\cos \frac{b}{2} \sin \frac{c}{2}$, on obtient

$$\cos \frac{a}{2}, \quad \sin \frac{b}{2} \sin \frac{c}{2}, \quad \cos \frac{b}{2} \cos \frac{c}{2},$$

c'est-à-dire le triangle représenté par la figure 4 de la note citée (p. 439).

cercle circonscrit au triangle des éléments A'B'C' (fig. 2) ; l'arc diamétral 2ρ issu du sommet A se projette suivant le diamètre issu de A', diamètre qui a pour valeur $\operatorname{tg} \rho$. Il s'ensuit que la hauteur H_* du triangle A'B'C' sera donnée par

$$b.c' = H_* . \operatorname{tg} \rho,$$

d'où

$$H_* = \operatorname{tg} \frac{b}{2} \operatorname{tg} \frac{c}{2} \cot \rho.$$

Si l'on ramène la base du triangle A'B'C' à

$$a' = \sin \frac{a}{2},$$

on obtient

$$h_* = \sin \frac{b}{2} \sin \frac{c}{2} \cot \rho,$$

formule obtenue dans la note citée (voir fig. 6, p. 430).

Emploi de la projection stéréographique dans les recherches sur la sphère.

Nous avons montré que le triangle des éléments et le triangle dérivé donnaient immédiatement les formules de la trigonométrie sphérique; on peut aussi s'en servir souvent dans la recherche de lieux géométriques de la sphère, pour la résolution de certains problèmes ou pour la démonstration de quelques théorèmes. Voici des exemples :

*
* * *

THÉORÈME. — *Si l'on mène par les sommets d'un triangle sphérique les arcs de grand cercle qui le divisent en parties équivalentes, ces arcs se coupent en un même point.*

Tout cercle qui sur la sphère passe par le sommet B se projette (fig. 5) suivant un cercle passant par B' et B'; pour obtenir celui de ces cercles qui divise le triangle en

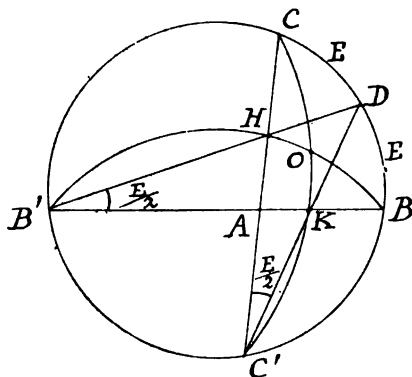


FIG. 5.

parties équivalentes, il est facile de voir qu'il suffit de joindre B' au point D, milieu de BC, puis de tracer le cercle BHB' : effectivement, le triangle ABH a pour excès sphérique la mesure de l'arc BH dans la circonférence B'HB, c'est-à-dire E. En joignant DC', on aura de même en CKC' la projection du grand cercle issu de C et divisant le triangle en parties équivalentes. Quant au troisième cercle, il se projette suivant la droite AD. Il reste à faire voir que le point O, où les deux premiers cercles se coupent, est situé sur la droite AD (*). En effet, de

$$\widehat{HB'K} = \widehat{HC'K},$$

(*) Il est à peine utile d'observer que le point d'intersection des projections stéréographiques de deux lignes tracées sur la sphère est la projection stéréographique du point d'intersection de ces lignes, ce qui n'est pas toujours vrai pour les projections orthogonales.

on conclut que les points H , K , B' , C' sont sur une même circonférence et que, par conséquent, le point D , intersection des cordes $B'H$, $C'K$, appartient à l'axe radical des cercles BHB' , CKC' ; il en est de même du point A , intersection des cordes BB' , CC' déterminées dans ces cercles par la circonférence $CBC'B'$. Donc, etc.

* * *

PROBLÈME. — *Diviser un triangle sphérique en n parties équivalentes par des arcs de grand cercle menés du sommet A .*

a) *Solution graphique* (*). — Supposons le triangle donné par ses angles; on construira E , $A - E$, $C - E$. Après avoir tracé (fig. 6) deux droites y , x sous l'angle A , d'un point quelconque C de la première, on mènera des droites faisant avec elle des angles $C - E$, $A - E$, droites qui rencontrent x en B et B' ; en faisant passer la circonférence par les points B , C , B' , on aura la projection de l'hémisphère ayant ce cercle pour base sur un plan normal au rayon aboutissant en A (**).

(*) Les projections stéréographiques se prêtent très bien à la résolution graphique des problèmes de la sphère : nous avons montré, par exemple (*Mém. in-4° de l'Acad. roy. de Belgique*), qu'elles s'appliquaient parfaitement à la résolution des problèmes cristallographiques. L'emploi du triangle des éléments (fig. 4) peut ramener les problèmes de descriptive sur les trièdres à la construction d'un triangle rectiligne dont on donne trois éléments. Le problème actuel peut s'énoncer : *Partager un trièdre, par des plans passant par une de ses arêtes, en n trièdres dans lesquels les sommes des angles dièdres soient égales entre elles.*

(**) Voir la figure 4.

En divisant l'arc BC en n parties égales, on aura en $Am_1, Am_2, \text{etc.}$, les projections des grands cercles demandés. On peut déterminer les points $m_1, m_2, \dots$ par

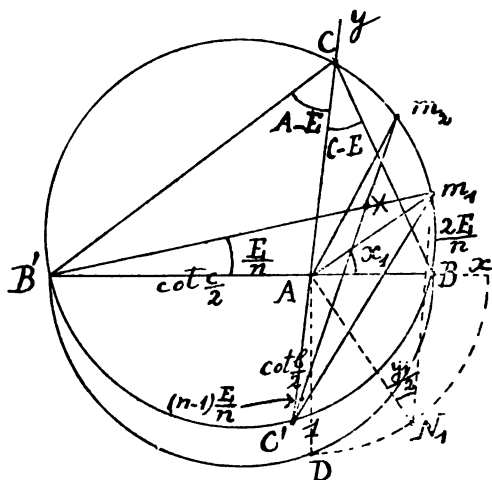


FIG. 6.

leur longitude $x_1, x_2, \dots$ qui se trouve en vraie grandeur sur l'épure, et par leur collatitute $y_1, y_2, \dots$, que l'on construit facilement en vraie grandeur : on sait que $\text{tg } \frac{y_1}{2} = Am_1$ (*); l'unité étant obtenue en construisant la moyenne proportionnelle AD entre AB et AB', le triangle rectangle m_1AN_1 donnera en N_1 la grandeur de $\frac{1}{2} y_1$, etc.

(*) La projection stéréographique de tout arc de grand cercle α issu de A est $\text{tg } \frac{\alpha}{2}$ (voir fig. 2)

b) *Solution par le calcul.* — Pour déterminer la longitude et la collatitute d'un point m quelconque, par exemple de m_1 , on joindra ce point à B' et à C' ; les triangles m_1AB' , m_1AC' donnent

$$\frac{\operatorname{tg} \frac{1}{2} y_1}{\sin \frac{E}{n}} = \frac{\cot \frac{c}{2}}{\sin \left(x_1 - \frac{E}{n} \right)}$$

$$\frac{\operatorname{tg} \frac{1}{2} y_1}{\sin \frac{n-1}{n} E} = \frac{\cot \frac{b}{2}}{\sin \left(A - x_1 - \frac{n-1}{n} E \right)},$$

équations qui résolvent le problème.

En éliminant y_1 et tenant compte de la relation

$$\frac{\operatorname{tg} \frac{b}{2}}{\operatorname{tg} \frac{c}{2}} = \frac{\sin (B - E)}{\sin (C - E)}$$

donnée par le triangle des éléments ABC , on déduit x_1 en fonction des angles du triangle, etc.

Cas particulier. — Pour $n = 2$, il vient

$$\operatorname{tg} \left(x - \frac{A}{2} \right) = \operatorname{tg} \frac{B - C}{2} \operatorname{tg} \frac{A}{2} \operatorname{tg} \frac{A - E}{2}. \quad (3)$$

On voit qu'en supposant $B > C$, on a $x > \frac{A}{2}$, c'est-à-dire que le grand cercle y qui divise le triangle en parties équivalentes se trouve dans l'angle formé par la bissectrice avec le côté b . Il en est de même pour le

La formule (3) montre que y est compris entre la bissectrice et le diamètre lorsque

$$\operatorname{tg} \frac{A}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{A - E}{2} < 1,$$

c'est-à-dire

$$A < \frac{B + C}{3} + 60^\circ.$$

Cette condition est toujours remplie lorsque $A \leq 90^\circ$, car dans ce cas on a nécessairement $B + C > 90^\circ$. Si A est obtus et qu'il a pour valeur

$$A = \frac{B + C}{3} + 60^\circ,$$

l'arc qui divise le triangle en parties équivalentes coïncide avec le diamètre sphérique du cercle circonscrit (*); il est facile de voir que dans ce cas la projection du cercle circonscrit a son centre γ sur la projection de a . Enfin, dans le cas où

$$A > \frac{B + C}{3} + 60^\circ,$$

dans le triangle, nécessairement obtusangle (**) en A ,

(*) On peut vérifier cette propriété *a posteriori* : dans un tel triangle, le diamètre fait avec le côté a un angle de $90^\circ - (B - C)$, de sorte que l'excès sphérique de l'un des triangles partiels est $2 \frac{B + C}{3} - 60^\circ$, c'est-à-dire la moitié de l'excès total.

(**) Car de $A \leq 90^\circ$, on déduirait $\frac{B + C}{3} < 30^\circ$ et $A + B + C < 180^\circ$.

Exemple. — Dans un triangle ayant pour angles : $A = 110^\circ$, $B = 72^\circ$, $C = 60^\circ$, l'arc y fait un angle de $7^\circ 3'$ avec la bissectrice dans l'angle qu'elle forme avec b , tandis que le diamètre fait un angle de 6° du même côté.

l'arc y qui le divise en parties équivalentes sera compris entre le diamètre et le grand côté b .

PROBLÈME. — *Chercher le centre d'équivalence d'un triangle sphérique, c'est-à-dire le point de la sphère qui, joint aux sommets de ce triangle par des arcs de grand cercle, le divise en trois parties équivalentes.*

Ce problème se résout comme le précédent :

Graphiquement. — Après avoir divisé l'arc BC (fig. 6) en trois parties égales, on tracera $m_1 B'$ et $m_2 C'$, qui, par leur intersection, donneront en X le point cherché : en effet, si l'on suppose tracés les grands cercles BXB' et XA, l'aire du triangle BXA sera représentée par la mesure de l'arc BX dans ce cercle et sera par conséquent $\frac{2E}{3}$; il en sera de même pour le triangle CXA.

La longitude XAB du point X se projette en vraie grandeur et l'on déterminera sa collatitute comme il a été dit ci-dessus.

Par le calcul. — Les triangles XAB' et XAC' donneront, comme dans le problème précédent, la longitude x et la collatitute y :

$$\operatorname{tg} \left(x - \frac{A}{2} \right) = \operatorname{tg} \frac{B-C}{2} \operatorname{tg} \frac{A}{2} \operatorname{tg} \left(\frac{A}{2} - \frac{E}{3} \right),$$

$$\operatorname{tg} \frac{y}{2} = \frac{\sin \frac{E}{3} \sin(A-E)}{\sin \left(A - \frac{2E}{3} \right)} \sqrt{\frac{\sin^2(B-E) + \sin^2(C-E) + 2 \sin(B-E) \sin(C-E) \cos \left(A - \frac{2E}{3} \right)}{\sin E \sin(A-E) \sin(B-E) \sin(C-E)}}$$

*
* *

LIEUX GÉOMÉTRIQUES. — Nous avons déjà montré (*) que les projections stéréographiques se prêtent parfaitement à la recherche des lieux sur la sphère : si l'équation de la projection n'est pas celle d'une droite ou d'un cercle, on peut affirmer que la courbe sphérique est gauche. En outre, on peut passer très rapidement de l'équation de la projection stéréographique d'une courbe à celle du cône ayant cette courbe pour directrice et pour sommet le centre de la sphère : si ce cône est du second degré, on en conclura que la courbe est une conique sphérique.

*
* *

La projection stéréographique d'une courbe sphérique étant rapportée à deux diamètres rectangulaires quelconques du cercle d'horizon, on passe de son équation à celle du cône ayant cette courbe pour directrice et pour sommet le centre de la sphère, les axes x , y étant les mêmes et z coïncidant avec le diamètre normal au cercle d'horizon, en remplaçant dans la première équation x et y respectivement par

$$\frac{x}{\rho + z}, \quad \frac{y}{\rho + z},$$

expressions dans lesquelles

$$\rho = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}.$$

(*) *Mémoires de la Société royale des sciences de Liège* (3^e sér., t. V, 1903).

Effectuons la projection stéréographique sur le plan normal au rayon aboutissant à une extrémité A de l'hypoténuse AB (fig. 9); l'un des côtés de l'angle droit se

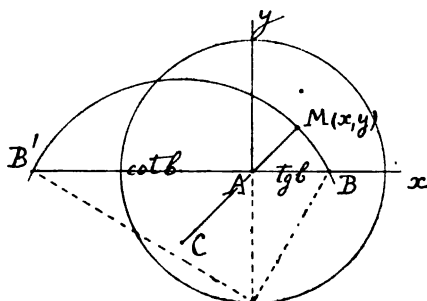


FIG. 9.

projette suivant un cercle passant par B et B', l'autre, devant lui être normal, se projette suivant son rayon CAM. On voit qu'en projection stéréographique le lieu des points M est le suivant : *Dans un cercle variable passant par deux points fixes B, B', on trace le rayon passant par un point fixe A situé sur BB', lieu de l'extrémité de ce rayon.* En prenant les axes indiqués sur la figure, on obtient l'équation du troisième degré :

$$(x^2 + y^2)(x + 2 \cot 2b) = x.$$

Le lieu sphérique est donc une courbe gauche.

L'équation du cône ayant cette courbe pour directrice et son sommet au centre est

$$(\rho - z) \left(\frac{x}{\rho + z} + 2 \cot 2b \right) = x (*),$$

(*) En observant que $x^2 + y^2 = \rho^2 - z^2$.

ou

$$x^2 + y^2 - xz \operatorname{tg} 2b.$$

Le lieu est donc une *conique sphérique* (*).

Vérification. — On passe immédiatement de l'équation de la projection stéréographique à celle de la courbe en fonction de la longitude $\omega = \text{MAB}$ et la collatitute λ se projetant en $\text{AM} = \operatorname{tg} \frac{\lambda}{2}$, en faisant dans la première équation

$$x = \operatorname{tg} \frac{\lambda}{2} \cos \omega, \quad y = \operatorname{tg} \frac{\lambda}{2} \sin \omega.$$

Dans notre cas, on obtient

$$\operatorname{tg} \lambda = \operatorname{tg} 2b \cos \omega;$$

ce qui était à prévoir.

* * *

*Lieu des points M de la sphère tels qu'en les joignant par des arcs de grand cercle (**) à trois points fixes A, B, C, les triangles MAB, MAC soient équivalents.*

(*) C'est une ellipse sphérique qui a pour petit axe $\text{AB} = 2b$ et pour demi-grand axe et demi-distance focale, respectivement

$$a = \arcsin(\operatorname{tg} b), \quad c = \arcsin(\operatorname{tg}^2 b).$$

Plus généralement : Toute courbe du troisième degré, de la forme

$$(x^2 + y^2 - 1)(dx + ey) + ax^2 + bxy + cy^2 = 0,$$

est la projection stéréographique d'une conique sphérique. En effet, le cône ayant cette courbe pour directrice et son sommet au centre a pour équation

$$ax^2 + cy^2 - 2xyz - 2dxz + bxy = 0.$$

(**) Arcs $\leq 180^\circ$.

Dans la projection stéréographique effectuée sur un plan normal au rayon aboutissant en A, traçons par B' et C' (fig. 10) les quatre droites faisant le même angle e variable avec BB' et CC'; nous obtenons à leur intersection les points $\alpha, \beta, \gamma, \delta$, qui appartiennent au lieu; car, si l'on suppose tracés les arcs de grand cercle B α B', C α C', A α , le triangle AB α aura pour aire $2e$ et il en est de même du triangle AC α .

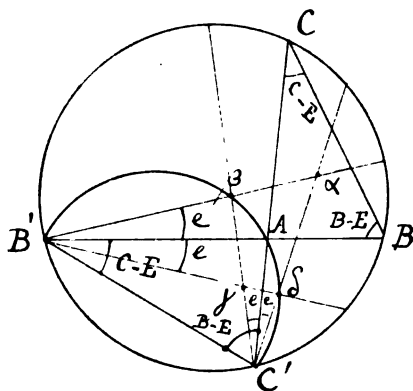


FIG. 10.

Considérons d'abord les points β, δ situés dans les octants CAB', BAC'; dans le triangle $\beta B'C'$, la somme des angles B', C' est

$$C - E + e + B - E - e = 180^\circ - A,$$

de sorte que

$$\beta = A.$$

Le lieu est donc le segment de cercle décrit sur la

et de signes contraires; l'élimination de ces coefficients entre les équations des deux droites donne

$$2xy + x \sin \frac{A}{2} \left(\cot \frac{b}{2} - \cot \frac{c}{2} \right) + y \cos \frac{A}{2} \left(\cot \frac{b}{2} + \cot \frac{c}{2} \right) = 0,$$

équation d'une hyperbole équilatère ayant ses asymptotes parallèles aux axes coordonnés et pour centre le point D, milieu de B'C'. *Sur la sphère, c'est une courbe gauche, qui, d'après le théorème suivant, n'est pas une conique sphérique.*

On peut suivre sur la projection stéréographique la marche de la courbe sur la sphère : Le point A' symétrique de A appartient évidemment au lieu, car, quoique l'arc de grand cercle qui le joint à A devienne indéterminé, le grand cercle bissecteur, qui se projette en x , partage le fuseau ABCA' en deux parties égales et répond à la question; ce point A', qui est l'œil, se projette sur l'épure partout à l'infini. La courbe gauche dont il s'agit part de C' (fig. 11), marche sur l'octant B'AC', où elle atteint le point A, passe dans l'octant CAB, où elle rencontre l'arc BC en un point dont la projection I est le milieu de BC, passe dans l'octant BCA', où elle atteint le point A', passe enfin dans l'octant A'B'C', où elle parvient au point B'.

Le segment de cercle (fig. 10) ne traverse que les octants BAC' et ACB'; de sorte qu'il y a deux octants, BA'C' et CA'B', sur lesquels il n'y a pas de point du lieu.

*
* * *

THÉORÈME. — *La projection stéréographique d'une*

conique sphérique n'est une courbe du second degré que dans le cas du cercle.

Désignons par C et O deux cônes ayant comme directrice commune une courbe sphérique et pour sommet respectivement le centre de la sphère et l'œil.

Si

$$f(x, y, z) = 0 \quad (C)$$

est l'équation du premier cône rapporté à trois axes rectangulaires, x et y étant deux diamètres du cercle d'horizon, l'équation du second cône rapporté aux mêmes axes sera

$$f\left\{x, y, \frac{(z+1)^2 - (x^2 + y^2)}{2(z+1)}\right\} = 0. \quad (O)$$

En faisant $z=0$ dans cette équation, on obtient pour l'équation de la projection stéréographique de la directrice sphérique

$$f\left(x, y, \frac{1 - (x^2 + y^2)}{2}\right) = 0.$$

Ainsi : pour passer de l'équation du cône C à celle de la projection stéréographique de sa directrice sphérique, il suffit d'y remplacer

$$z \text{ par } \frac{1 - (x^2 + y^2)}{2}.$$

Si la directrice est une conique sphérique, c'est-à-dire si le cône C est du second degré :

$$Ax^2 + A'y^2 + A''z^2 + Byz + B'xz + B''xy = 0, \quad (C)$$

l'équation de la projection stéréographique de la directrice sera

$$A''(x^2 + y^2 - 1)^2 - 2(x^2 + y^2 - 1)(By + B'x) + 4(Ax^2 + A'y^2 + B''xy) = 0. \quad (4)$$

Si l'on cherche les conditions nécessaires pour que cette équation, qui est en général du quatrième degré, puisse se scinder en deux équations du second degré, on obtient

$$A - A'' = \frac{B'}{2} \left(\frac{B''}{B} - \frac{B}{B''} \right)$$

$$A' - A'' = \frac{B}{2} \left(\frac{B''}{B'} - \frac{B'}{B''} \right).$$

Or, ce sont là précisément les *conditions nécessaires pour que le cône du second degré (C) soit un cône de révolution* (*).

(*) D'ailleurs, si, après les avoir divisés par A'' , on groupe les termes de l'équation (4) d'après leur degré, on obtient

$$(x^2 + y^2)^2 - 2(x^2 + y^2)(by + b'x) + \dots = 0,$$

et il est clair que dans le cas où le premier membre de cette équation est décomposable en deux facteurs du second degré, ces facteurs doivent être de la forme

$$x^2 + y^2 + mx + ny + p = 0.$$

On s'assure facilement que la propriété subsiste dans les cas particuliers : ainsi, dans le cas $A'' = 0$, l'équation (4), qui devient du troisième degré, ne peut se scinder en une équation du second degré et une équation du premier degré que si la première de celle-ci représente un cercle. Etc.

L'aurore boréale du 15 novembre 1905, à Louvain, et les étoiles filantes de la période de ce même mois ; par M^{lle} J. et M. Terby.

L'aurore boréale a été constatée vers 6 h. 15 m. du soir ; un rayon blanchâtre entouré d'une lueur rouge se remarquait dans la Grande Ourse. Bientôt le rayon s'effaça, mais la lueur rouge devint intense et s'étendit sur tout le ciel du côté du nord, sans dépasser de beaucoup la hauteur de la Grande Ourse. A 6 h. 30 m., le phénomène, considérablement affaibli, sembla se ranimer un moment pour disparaître environ dix minutes après ; une teinte rose subsista encore quelque temps. On ne remarqua plus rien le restant de la soirée.

Pendant toute la nuit du 14 au 15 novembre, le ciel resta constamment couvert.

Pendant celle du 15 au 16, l'éclat de la lune gêna beaucoup les observations, et de légers nuages se succédèrent pendant la plus grande partie de leur durée. De 9 heures du soir à 6 heures du matin, on ne compta que *onze* étoiles filantes, dont neuf rayonnaient du Lion et quatre étaient suivies de traînée. Il convient de faire remarquer que *sept* de ces météores ont été vus de 4 h. 15 m. à 5 h. 20 m. du matin, accusant ainsi un accroissement du phénomène vers la fin de la nuit.

Le 18 novembre, le ciel est resté tout à fait couvert pendant la soirée (les observations se sont prolongées jusqu'à 11 h. 30 m.), et l'on n'a pu recueillir aucun renseignement sur l'apparition des Biélides.

Étude sur la réduction de l'isodypnopinacoline α ;
par F.-V. Daels, docteur en sciences.

A la suite des travaux de M. Delacre et de plusieurs de ses élèves (1), l'isodypnopinacoline est devenue, parmi tous les isomères de la dypnopinacoline, le plus facile à obtenir.

En vue de compléter l'étude de la synthèse graduelle de la chaîne benzénique, il était donc tout indiqué d'entreprendre de nouvelles recherches sur cet isomère.

Sur les conseils de mon maître, j'ai entrepris des expériences sur son hydrogénation.

On sait que, pour passer aisément d'une dypnopinacoline à son hydrocarbure, la méthode graduelle la plus générale jusqu'aujourd'hui consiste à la transformer en alcool, lequel se déshydrate avec facilité (2).

Cependant il est toujours intéressant de compléter la série de ces alcools en vue d'examiner s'ils conduisent par la même voie à la chaîne benzénique.

D'autres problèmes se présentaient à l'origine de ce travail. Il résulte des travaux de MM. Delacre, Gesché et Terlinck, qu'entré l'homodypnopinacoline et l'isodypnopinacoline il y a fréquemment des isomérisations dans un sens ou l'autre (3).

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 4, avril 1900; *Ibid.*, 3^e sér., t. XXIX, n° 6, juin 1895.

(2) *Ibid.*, 3^e sér., t. XXVI, n° 8, août 1893; *Ibid.*, 3^e sér., t. XXXII, 1896.

(3) *Ibid.*, 3^e sér., t. XXXII, nos 9-10, septembre-octobre 1896.

Existe-t-il pour ces deux corps un seul et même alcool? On voit tout l'intérêt qu'il y aurait à déterminer ce fait.

D'autre part, il est permis d'interpréter aussi l'isomérisation par le soleil comme le passage d'un corps moins stable (isodypnopinacoline α) à un corps plus stable (isodypnopinacoline β).

Celui-ci possède un alcool bien net. L'alcool correspondant à l'isodypnopinacoline devrait-il lui être identique?

Ni l'une ni l'autre de ces éventualités ne s'est présentée, mais j'ai été assez heureux pour isoler plusieurs alcools nouveaux isomérisables par les alcalis.

Cette isomérisation présente donc une certaine analogie entre celle de l'isodypnopinacoline en homodypnopinacoline. J'indique dans cette note les méthodes d'obtention de ces alcools et leurs propriétés principales.

MÉTHODES DE PRÉPARATION DES PRODUITS OBTENUS PAR LA RÉDUCTION DE L'ISODYPNOPINACOLINE α .

10 grammes d'isodypnopinacoline, purifiée par ébullition dans l'alcool additionné de 3 % de potasse afin de transformer toute l'homodypnopinacoline qui pourrait s'y trouver, sont dissous dans 300 grammes d'alcool à 96°; la dissolution étant complète, on ajoute 200 grammes d'amalgame sodique à 6 %; le mélange est chauffé au bain-marie et à reflux jusqu'à ce que l'amalgame soit devenu liquide. La solution est alors décantée afin d'en séparer le mercure, puis précipitée par l'eau.

Le précipité bien séché a été traité par divers dissolvants; mais quel que soit le véhicule employé, acide acétique, alcool, benzine, ligroïne, jamais je ne suis parvenu à isoler ainsi la moindre trace de produit cristallisé. J'ai eu recours alors à la distillation fractionnée dans le vide partiel (pression 40 millimètres de mercure) et au bain d'alliage fusible.

Voici les éléments que je suis parvenu à isoler de cette façon :

entre 100° et 150°	0 ^{gr} 60 de produit liquide
— 150° et 210°	1 ^{gr} 30 de produit liquide
— 210° et 260°	2 grammes de produit épais et jaune
— 260° et 300°	3 gr. de produit résineux semi-liquide
— 300° et 360°	1 ^{gr} 50 de produit résineux et cassant.

Il reste dans la cornue environ 1 gramme de charbon n'abandonnant rien à la benzine.

Le produit distillant entre 210° et 260° contient, outre une certaine quantité d'aldéhyde benzoïque reconnaissable à son odeur particulière et agréable, et que j'ai identifiée par la préparation de la phénylhydrazone, 0^{gr}90 de produit cristallisé en aiguilles vitreuses et longues de quelques millimètres.

Celles-ci fondent d'abord à 180°, mais après trois nouvelles cristallisations dans l'acide acétique elles fondent à 184°, puis ce point reste stable.

Ce produit est identique à celui que je décrirai plus loin, l'alcool isodynpinacologique α , fusion 184°, produit principal de l'action du zinc.

Les résines 260°-360° ont déposé dans l'acide acétique 2 grammes de triphénylbenzine.

La méthode que je viens de décrire est longue et

difficile; elle donne en outre des rendements très réduits en produit cristallisé : 10 % environ de la matière mise en œuvre; aussi me suis-je adressé à une autre méthode de réduction :

10 grammes d'isodypnopinacoline pure sont dissous dans 460 grammes d'acide acétique à 70 %; j'ajoute à la solution 5 grammes de poudre de zinc. Je chauffe alors pendant huit heures sur une simple toile métallique et à reflux; la solution séparée de l'excès de zinc est précipitée par l'eau, le précipité recueilli et séché. Repris par l'acide acétique ou par l'alcool, les solutions déposent après quelque temps un produit nettement cristallisé et abondant; les rendements atteignent à peu près 30 % de la matière mise en œuvre.

Ces aiguilles sont identiques à celles obtenues primitivement par l'action de l'amalgame sodique en milieu alcoolique; elles fondent aussi à 184° et ce point reste fixe après de nouvelles cristallisations; le produit resté en solution, que l'on peut recueillir par concentration, fond à la même température.

Cristallisées dans l'alcool, ces aiguilles sont plus courtes et plus légères que dans l'acide acétique; l'alcool semble être son meilleur dissolvant.

Afin de m'assurer si les rendements dépendaient, ou du temps de chauffe ou de la concentration de la solution, j'ai fait une double série d'expériences :

1° Je prends quatre ballons de 1 litre, je dissous dans chacun d'eux 10 grammes d'isodypnopinacoline dans la quantité voulue d'acide acétique, je parle avec de l'eau distillée de façon à obtenir de l'acide acétique à 90 %, à 80 %, à 70 % et à 60 %. Pour chaque opération j'ajoute 5 grammes de poudre de zinc. Les quatre ballons

sont chauffées à reflux sur une toile métallique pendant huit heures. Après quoi j'opère comme je l'ai décrit plus haut.

J'ai pu constater ainsi que les meilleurs rendements s'obtenaient avec un acide à 70 %.

En effet :

Pour l'acide à 90 % j'obtiens à peine 5 à 6 gr. % de produit cristallin

—	80 %	—	—	15 gr.	—	—
—	70 %	—	—	30 gr.	—	—
—	60 %	—	—	15 gr.	—	—

2° Afin de voir si la durée de l'opération ne pouvait influencer sur ces résultats, j'ai chauffé les quatre ballons avec des acides à 70 %, pendant six heures pour le premier, pendant huit heures pour le second, pendant douze heures pour le troisième, et enfin pendant vingt heures pour le dernier. Les résultats obtenus sont à peu près identiques.

En chauffant pendant six heures, j'obtiens 28 grammes % de rendement, alors qu'en chauffant pendant vingt heures je ne puis obtenir plus de 30 grammes % de rendement.

Après avoir séparé ce produit, les eaux mères sont mises de côté; après deux jours, celles-ci déposent une petite quantité de produit cristallisé, constitué en majeure partie par de petits cristaux brillants, bien différents de ceux fondant à 184°. A côté de ceux-ci, on distingue cependant encore quelques aiguilles fondant à 184°; celles-ci sont du reste faciles à séparer : il suffit pour cela de reprendre le tout par un peu d'alcool, et comme elles y sont plus solubles que le produit qui les accompagne,

elles se dissolvent assez vite par une douce chaleur; on filtre ensuite pour en séparer les cristaux non dissous et restés dans le fond du ballon.

Repris par l'acide acétique, ces cristaux se dissolvent assez facilement et après trois cristallisations répétées on obtient de petites tables rhombiques très brillantes; elles fondent à 178°.

100 grammes d'isodypnopinacoline ont fourni, par réduction, à peu près 12 grammes de ce produit secondaire.

Toutefois, ce produit secondaire n'est pas le seul à se former dans les eaux mères. En opérant la réduction sur 100 grammes d'isodypnopinacoline, on observe à côté du produit fondant à 178°, une petite quantité d'aiguilles ressemblant à celles fondant à 184°, mais que l'on arrive à distinguer de celles-ci à la loupe; elles sont plus épaisses et plus courtes; en outre, elles se groupent en faisceaux. On peut aisément les séparer des cristaux fondant à 178°, au moyen d'un fil de platine.

Je ne suis parvenu à en isoler qu'environ 0^{gr}80 pour 100 grammes d'isodypnopinacoline mis en œuvre. Recristallisées trois fois dans l'acide acétique, ces aiguilles fondent à 156°. Ce point de fusion se maintient après de nouvelles cristallisations.

Je suis parvenu à obtenir 15 grammes % de produit fondant à 178° en opérant la réduction avec de l'acide acétique à 85 %. Ses rendements semblent donc augmenter en raison inversement proportionnelle à ceux des cristaux fondant à 184°.

Dans ce mémoire, je publie une étude détaillée du produit principal de la réduction fondant à 184°; je

décris quelques caractères du produit secondaire fondant à 178°, en faisant surtout connaître sa composition chimique; quant au produit fondant à 156°, il se forme en si petite quantité, que je me borne à en mentionner seulement le point de fusion, me réservant pour une publication ultérieure le soin de rechercher une méthode de préparation de ce composé.

PREMIÈRE PARTIE.

Étude du produit principal de la réduction.

CHAPITRE PREMIER.

Le produit principal de la réduction s'obtient avec des rendements de 30 % de la matière mise en œuvre; il cristallise en aiguilles et fond à 184°; il se dissout dans environ *dix fois* son poids d'acide acétique froid, dans *trois fois* son poids d'acide acétique bouillant. Dans l'alcool à 94° bouillant, il se dissout dans la proportion de 7 à 8 %; à froid, le même dissolvant dissout 2 à 3 % de produit. La benzine bouillante le dissout dans la proportion de 15 à 16 %.

L'analyse a donné les chiffres suivants :

	I.	II.	
Substance . . .	0.2767	0.2475	
Eau	0.1664	0.1488	
CO ₂	{ 0.9088	0.8119	
	{ 0.0018	0.008	Calculé pour C ₃₃ H ₂₈ O
H %	6.66	6.65	6.57
C %	89.73	89.55	89.72

Déterminations cryoscopiques.

Benzine : 12°2118.		Congélation : 3°956.	
Substance.	Congélation.	M. trouvé.	
0.1964	3°756	402.5	
0.3870	3°56	401.5	
0.5882	3°355	400.9	Théorie 428.

Ce produit est donc manifestement un produit d'hydrogénation de l'isodypnopinacoline α $C_{32}H_{26}O$ et vient enrichir la classe des alcools de cette série d'un isomère nouveau.

Cet alcool se *caractérise* par la *difficulté* qu'il présente à manifester ses propriétés alcool; aisément soluble dans le chlorure d'acétyle, il ne subit de la part de celui-ci aucune attaque sensible, même après une ébullition prolongée.

Chauffé sous pression en tube scellé et au bain d'huile à 150° et pendant vingt-quatre heures, le produit est presque totalement carbonisé; 5 grammes de substance soumis à ce traitement ont donné 0°60 seulement d'une poudre jaune et amorphe que je ne suis pas parvenu à faire cristalliser. A l'ouverture des tubes, pas de pression notable. Les parois du tube sont enduites d'une résine noire et très adhérente, facilement soluble dans la benzine.

Ce dissolvant n'abandonne aucun produit cristallisable.

Traité par le chlorure de benzoyle selon un procédé calqué sur la méthode de Einhorn et Skraup, ce pro-

duit ne s'éthérifie guère mieux. Pour cela, je dissous à froid 2 grammes de substance dans 10 grammes de pyridine, puis j'ajoute goutte à goutte 5 grammes de chlorure de benzoyle, en ayant soin de bien refroidir le mélange dans de la glace. Après douze heures de repos, je précipite la solution dans de l'acide sulfurique à 5 % et froid. Le précipité ainsi obtenu est recristallisé dans l'alcool ; il me régénère le produit primitif fondant à 184°.

Dans les conditions ordinaires, il est sans action sur l'hydroxylamine et sur la phénylhydrazine.

5 grammes de produit traités par l' H_2SO_4 de Nordhausen s'y dissolvent lentement à froid, rapidement à chaud, en prenant une coloration rouge sang avec fluorescence verte. La solution sulfurique traitée par l'eau ammoniacale ne donne pas de précipité. Évaporée au bain-marie, après avoir éliminé au préalable tout l' H_2SO_4 libre, il se dépose sur les bords de la capsule un peu d'aldéhyde benzoïque aisément reconnaissable à son odeur et à son action sur l'ammoniaque. A part ce produit, on ne retrouve plus rien.

Chauffé pendant huit jours en milieu acétique concentré à reflux et au bain-marie, il ne se déshydrate pas. Il résiste énergiquement aussi aux oxydants, tels l'acide chromique, l'acide nitrique ou l'acide sulfurique avec bichromate de potasse.

Exposé pendant quelques jours aux rayons solaires, le produit se résinifie en dégageant une odeur analogue à celle de l'aldéhyde benzoïque.

L'action de la chaleur est des plus intéressantes : 10 grammes de substance bien pure distillée dans le vide partiel (pression de 50 millimètres de mercure) et au

bain d'alliage fusible en maintenant la température de façon que la distillation se fasse assez lentement, ont donné :

- entre 100° et 210° : 0^{sr}30 de liquide volatil.
- 210° et 260° : 6^{sr}90 de résine jaune, répandant une très forte odeur d'aldéhyde benzoïque.
-
- 260° et 300° : 1 gramme de résine brune semi-liquide.
- 300° et 360° : 0^{sr}40 de résine brune plus cassante.

Le liquide distillant entre 100° et 210° semble être identique au produit volatil obtenu dans la distillation de la dynpnone (1).

La résine 210°-260°, outre une certaine quantité d'aldéhyde benzoïque, a donné 5 grammes de produit non transformé; les résines 260°-360° ont donné 0^{sr}70 de triphénylbenzine.

Sous l'action de la potasse fort diluée, ce produit donne naissance à un isomère nouveau.

Traité par une solution acéto-chlorhydrique, il se déshydrate pour donner un hydrocarbure $C_{32}H_{26}$.

Le chapitre II de cette note est consacré à l'étude de l'isomère obtenu par l'action de la potasse diluée sur le produit fondant à 184° et le chapitre III à l'étude du produit de déshydratation.

Afin de fixer d'une manière plus certaine la composition centésimale de mon alcool, j'ai répété mes analyses

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), p. 227, 1899.

sur le produit distillé sans décomposition dans l'expérience précédente et ci-dessus.

L'analyse a donné :

Substance.	0.5020	
Eau.	0.2991	
CO ₂	{ 1.6410	
	{ 0.0101	Calculé pour C ₂₁ H ₂₈ O
H %	6.61	6.57
C %	89.49	89.72

CHAPITRE II.

Action de la KOH diluée.

Dans la série qui m'occupe, la potasse a souvent une action très intéressante (action de la potasse sur la dypnone, dypnopinacoline) (1).

On sait que la potasse en solution alcoolique joue quelquefois le rôle d'agent de polymérisation.

Afin de vérifier sa réaction avec l'alcool qui m'occupe, j'ai chauffé, pendant seize heures, une solution alcoolique de mon composé (5 grammes de substance en solution dans 300 grammes d'alcool) avec 3 grammes % de potasse. Après refroidissement complet, la solution de potasse alcoolique diluée dépose déjà un produit nettement cristallisé en aiguilles blanches. Après avoir séparé celles-ci par le papier-filtre, la solution filtrée est préci-

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), p. 293, n° 4, 1909.

pitée par l'eau, puis traitée comme antérieurement; 5 grammes de produit mis en œuvre ont donné de la sorte 3 grammes de substance cristallisée.

Ce produit est identique à celui qui se dépose à froid dans la solution; tous deux fondent à 162° et présentent le même aspect cristallin. Ces aiguilles sont beaucoup plus épaisses que celles obtenues par la réduction de l'isodypnopinacoline par la poudre de zinc et l'acide acétique; elles sont plus grandes, mais d'une blancheur moins éclatante. Elles adhèrent fortement aux parois des cristallisoirs et sont onctueuses au toucher. Elles fondent après trois ou quatre cristallisations à 162° .

L'analyse a donné :

	I.	II.	
Substance . . .	0.4230	0.4903	
Eau	0.2569	0.2805	
CO ₂	1.3890	1.1101	
	0.0057	0.048	Calculé pour C ₂₂ H ₂₈ O
H %	6.74	6.58	6.57
C %	89.67	89.77	89.72

Déterminations cryoscopiques.

Benzine : 15 ^{er} 8506.		Congélation : 3 ^o 945.	
Substance.	Congélation.	M. trouvé.	
0.2216	3 ^o 78	421	
0.3888	3 ^o 65	415	
0.5010	3 ^o 568	419	Théorie 428.

L'analyse et la détermination cryoscopique de ce dérivé prouvent que c'est un simple isomère du produit fondant à 184° .

Il se dissout dans quatre fois son poids de benzine bouillante et est moins soluble dans l'alcool et l'acide acétique bouillants; il cristallise très bien dans ses véhicules, par refroidissement.

Il est sans action sur l'hydroxylamine et sur la phénylhydrazine.

Chauffé pendant deux jours en milieu acétochlorhydrique dans des conditions analogues à celles que je décris au chapitre III pour la déshydratation par l'acide chlorhydrique du produit fondant à 184° , il donne naissance à un même hydrocarbure $C_{32}H_{26}$ fondant à 180° .

L'analyse de ce produit a donné les chiffres suivants :

Substance.	0.2060	
Eau.	0.1258	
CO ₂	} 0.6910 0.0167	
C %		93.29
H %	6.73	6.35
		Calculé pour $C_{32}H_{26}$

Ce même hydrocarbure s'obtient encore en employant la même méthode, mais en remplaçant l'acide chlorhydrique par une égale quantité de chlorure d'acétyle.

Celui-ci ne joue donc pas le rôle d'éthérifiant, mais de simple déshydratant.

Soumis à la distillation dans le vide partiel (pression 40 millimètres de mercure), ce produit subit les mêmes réactions de scission que son isomère fondant à 184° : à part un peu de produit volatil, il se scinde en aldéhyde benzoïque et en triphénylbenzine. Ici la réaction marche beaucoup plus normalement; pas trace de produit, s'est distillé sans décomposition.

CHAPITRE III.

Action de l'acide chlorhydrique.

La déshydratation de l'alcool (fondant à 184°) s'opère facilement lorsqu'on le chauffe pendant seize heures à reflux et au bain-marie avec 300 grammes d'un mélange de 80 centimètres cubes d'acide acétique et 20 centimètres cubes de solution concentrée d'acide chlorhydrique. En opérant sur 3 grammes de produit, on recueille 3^{re}40 de produit cristallisé, mais dont il est impossible encore de distinguer les formes cristallographiques. Après deux ou trois cristallisations, on recueille 3 grammes de produit, cette fois en aiguilles extrêmement ténues et courtes. Elles fondent à 180°.

L'analyse a donné les chiffres suivants :

	I.	II.	
Substance . . .	0.2055	0.1899	
Eau	0.1250	0.1100	
CO ₂	0.6910	0.5872	
	0.0167	0.0650	Calculé pour C ₅₃ H ₂₆
C %	93.39	93.60	93.65
H %	6.75	6.44	6.35

Déterminations cryoscopiques.

Benzine : 12 ^{re} 8834.		Congélation : 3°945.
Substance.	Congélation.	M. trouvé.
0.3262	3°610	371.6
0.5858	3°390	395
0.7972	3°145	387
		Théorie 410.

Ce produit est donc bien identique à celui que l'on obtient par l'action de l'acide chlorhydrique ou du chlorure d'acétyle sur le produit fondant à 162°.

Cet hydrocarbure se dissout dans trois fois son poids de benzine bouillante; dans l'alcool bouillant, il ne se dissout que dans la proportion de 1 %; dans l'acide acétique, dans la proportion de 3.5 % environ.

Cristallisées dans l'acide acétique, les aiguilles sont beaucoup plus grandes et plus épaisses que dans l'alcool, mais elles sont moins brillantes.

Soumis à la réduction en milieu alcoolique et par l'amalgame sodique, le produit n'a subi aucune modification dans sa composition chimique ni dans ses caractères physiques.

Soumis à la distillation dans le vide et au bain d'alliage fusible, la majeure partie du produit passe sans décomposition; une partie se charbonne dans la cornue.

DEUXIÈME PARTIE.

Étude du produit secondaire de la réduction.

Celui-ci s'obtient avec des rendements de 15 % de la matière mise en œuvre quand on opère la réduction de l'isodypnopinacoline avec de l'acide acétique à 85 %. J'ai décrit dans mon introduction le mode d'obtention de ce composé. Celui-ci cristallise en lamelles fort brillantes et qui fondent à 178°.

L'analyse a donné les chiffres suivants :

	I.	II.	
Substance . .	0.2501	0.2520	
Eau	0.1496	0.1497	
CO ₂	0.8216	0.8223	
	0.8215	0.0017	Calculé pour C ₃₂ H ₂₈ O
C %	89.46	89.56	89.72
H %	6.64	6.63	6.57

Déterminations cryoscopiques.

Benzine : 14.533		Congélation : 3°945.	
Substance.	Congélation.	M. trouvé.	
0.3212	3°655	393	
0.5366	3°480	396.7	
0.7960	3°255	397	Théorie 428.

Ces résultats semblent confirmer que ce produit constitue un véritable isomère du produit principal de la réduction.

Il se dissout dans l'acide acétique bouillant dans la proportion de 12 à 13 %.

Dans l'alcool bouillant, il exige vingt fois son poids de dissolvant pour se dissoudre.

Ce produit est donc bien plus soluble que le composé qui l'accompagne toujours dans le phénomène de la réduction de l'isodypnopinacoline. C'est ce qui explique leur précipitation fractionnée.

Sous l'action de la chaleur, il se comporte d'une façon analogue. La distillation dans le vide donne les mêmes produits de scission : produits volatils en petite quantité et production notable d'aldéhyde benzoïque et triphénylbenzine.

RÉSUMÉ ET CONCLUSION.

La réduction de l'isodypnopinacoline par la poudre de zinc et l'acide acétique engendre donc deux alcools isomères nouveaux. L'action de la potasse diluée sur l'un d'eux (produit fondant à 184°) donne un troisième isomère.

C'est la production de ce dernier qui vient expliquer

pourquoi, dans l'action de l'amalgame en solution alcoolique, les rendements sont si faibles.

La potasse alcoolique transforme probablement en partie les alcools fondant à 184° et à 178° en alcools fondant à 162°; c'est le mélange de ces isomères qui cristallise difficilement et donne de si petites quantités de produit fondant à 184°. Il est à supposer que par une action assez prolongée de l'alcali, on n'aurait retrouvé qu'un seul produit, celui fondant à 162°, et obtenu par l'action de la potasse diluée sur l'alcool fondant à 184°.

Arrivé au terme de ce travail, je me fais un devoir de remercier M. le Prof^r Delacre pour les conseils qu'il a bien voulu me donner pendant l'exécution de ces recherches.

Laboratoire de recherches chimiques
de l'Université de Gand.

—

Sur le sélénium produit par les réducteurs organiques (1);
par MM. Oechsner de Coninck et Chauvenet.

Dans ces recherches, nous avons employé un acide sélénique blanc, dont la densité s'approchait de 1.4; nous avons fait réagir des acides organiques et des composés aldéhydiques.

Acide formique. — Si l'on mélange l'acide formique cristallisable, ou très concentré, avec un léger excès d'acide sélénique et qu'on chauffe peu à peu jusqu'à l'ébullition, il se dégage du gaz carbonique et il se dépose du sélénium rouge et brun foncé.

(1) Institut de chimie, Université de Montpellier.

Acide oxalique. — L'acide oxalique cristallisé se dissout à chaud dans l'acide sélénique; si l'on maintient l'ébullition un temps suffisamment long, il se dégage CO^2 , presque toujours mélangé avec un peu de CO; il y a réduction partielle et séparation de sélénium rouge-brun.

Acide malonique. — Cet acide, à l'état cristallisé, est facilement soluble à chaud dans l'acide sélénique; vers l'ébullition, réduction très nette, séparation de sélénium rouge-brun foncé et dégagement de CO^2 .

Acide pyruvique. — A une température peu élevée, l'acide pyruvique réduit l'acide sélénique; le précipité est formé de sélénium rouge-brun.

Acide succinique. — Nous avons fait bouillir pendant quarante minutes de l'acide sélénique au contact d'acide succinique finement pulvérisé. Il n'y a eu aucune action. On peut faire cristalliser l'acide succinique au sein de l'acide sélénique.

Acide acétique. — En opérant de même avec l'acide acétique cristallisable, nous n'avons observé aucune réduction.

Glucose. — Nous mélangeons 1 volume d'acide sélénique avec 2 à 3 volumes d'une solution aqueuse concentrée de glucose et nous évaporons. La liqueur ne tarde pas à se troubler; si on la filtre à froid, elle passe trouble, puis laisse déposer peu à peu du sélénium rouge brique, ou rouge-brun clair pulvérulent, insoluble dans le sulfure de carbone pur.

Lévulose. — Nous opérons de même avec une solution de lévulose; il se dépose du sélénium rouge-brun foncé, insoluble dans le sulfure de carbone pur.

Paraldéhyde. — A chaud, la réduction est énergique et rapide; il se forme du sélénium brun foncé, insoluble dans le sulfure de carbone pur, partiellement soluble, à froid, dans l'acide sulfurique concentré. La paraldéhyde se dépolymérise rapidement et il se produit de l'acide acétique.

Aldéhyde formique. — Cette aldéhyde ne réduit l'acide sélénique que faiblement et lentement. Le sélénium déposé est soit rouge-brun, soit rouge foncé; il ne s'est pas dissous dans le sulfure de carbone pur. L'expérience répétée avec une aldéhyde mélangée de trioxyméthylène a fourni le même résultat; le trioxyméthylène s'est dépolymérisé et il s'est produit de l'acide formique.

Œnanthol. — L'œnanthol réduit à chaud l'acide sélénique en donnant un sélénium brun, insoluble dans le sulfure de carbone pur.

Aldéhyde benzoïque. — Nous avons mélangé 1 volume d'acide sélénique, 1 $\frac{1}{2}$ volume de l'aldéhyde, et nous avons ajouté assez d'alcool fort pour dissoudre le tout. A l'ébullition, il se sépare peu à peu une très petite quantité de sélénium rouge-brun. Nous avons constaté la formation d'acide benzoïque et d'une petite quantité d'aldéhyde éthylique.

Montpellier, 22 novembre 1905.

ÉLECTIONS.

MM. Lancaster, Mourlon, Spring et Van der Mensbrugghe sont réélus membres de la Commission spéciale des finances de la Classe pour l'année 1906 ; M. Lagrange remplace M. Dewalque, décédé.

— M. Paul Mansion est élu membre de la Commission de la *Bibliographie nationale*.

Il est donné connaissance à la Classe que la Commission de la *Bibliographie nationale* a élu M. Van der Mensbrugghe comme vice-président.

COMITÉ SECRET.

La Classe se constitue en comité secret pour arrêter définitivement la liste des candidatures aux places vacantes. L'élection aura lieu dans la séance du vendredi 15 décembre, à 2 heures.



CLASSE DES SCIENCES

Séance du 15 décembre 1905.

M. P. DE HEEN, directeur.

M. le chevalier EDM. MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Plateau, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, Louis Henry, P. Mansion, C. Le Paige, Ch. Lagrange, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, A. Lancaster, C. Vanlair, Julien Fraipont, A. Jorissen, Pol. Francotte, Paul Pelseneer, *membres*; Aug. Lameere, et Swarts, *correspondants*.

CORRESPONDANCE.

Par une lettre du Palais, le Roi fait exprimer ses regrets de ne pouvoir assister à la séance publique de la Classe.

M. le Président du Sénat, ainsi que M. Masoin, secrétaire de l'Académie royale de médecine, remercient pour les invitations à la même solennité.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique fait connaître que le Roi, par arrêté du 1^{er} décembre de cette année, a nommé M. Masius, directeur de la Classe, aux fonctions de président de l'Académie pour 1906.

— Le Comité organisateur de la XIII^e session du Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhistoriques annonce que ses réunions se tiendront à Monaco du 16 au 21 avril 1906. — M. Fraipont y représentera l'Académie.

— Le Comité organisateur du VI^e Congrès international de chimie s'ouvrira à Rome le 18 avril prochain. — M. Jorissen y sera le délégué de l'Académie.

— M. Ulric Le Paige remercie au nom de sa belle-mère, M^{me} veuve Gustave Dewalque, pour les condoléances qui lui ont été exprimées par M. le Secrétaire perpétuel, au nom de la Classe.

— Les félicitations de la Classe seront adressées par M. le chevalier Marchal à MM. le professeur Dr von Baeyer, de l'Université de Munich, et le professeur Dr Lenard, de l'Université de Kiel, tous les deux associés de l'Académie, pour les prix Nobel qui viennent de leur être décernés.

— MM. Fredericq et Massart feront pour l'*Annuaire* la notice nécrologique de Léo Errera.

— Hommages d'ouvrages :

1^o *Traité pratique de calorimétrie chimique*; par Marcelin Berthelot, associé, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences de Paris;

2^o a) *Contribution à l'étude de la digestion des albumoses dans l'estomac et dans l'intestin grêle*; b) *Sur les effets de la ligature des canaux pancréatiques chez le chien*; par Edgard Zunz.

— Remerciements.

— Travail manuscrit renvoyé à l'examen :

Sur l'acide difluorchloracétique ; par Fréd. Swarts, correspondant de l'Académie. — Commissaires : MM. Spring et Henry.

JUGEMENT DU CONCOURS POUR 1905.

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

PREMIÈRE QUESTION.

Compléter par de nouvelles recherches nos connaissances sur les combinaisons formées par les corps halogènes entre eux (Fl, Cl, Br, I).

Rapport de M. L. Henry, premier commissaire.

« Un mémoire a été envoyé (*) en réponse à la première des questions proposées pour le concours de 1905, dans la section des sciences physiques et mathématiques. Cette question est formulée comme suit :

Compléter par de nouvelles recherches nos connaissances sur les combinaisons formées par les corps halogènes entre eux (Fl, Cl, Br, I).

Avant de m'occuper de ce travail, je ne crois pas

(*) Ce mémoire est parvenu au Secrétariat de l'Académie le 25 juillet.

inutile de rappeler l'origine et de faire succinctement l'histoire de cette question elle-même.

C'est dans la séance du 4 février 1899 que j'ai eu l'honneur de proposer à la Classe, pour un de ses prochains concours, une question concernant les combinaisons des corps halogènes entre eux.

Depuis plusieurs années, on constatait, dans les travaux des chimistes, un retour marqué vers les études de la chimie inorganique proprement dite, si délaissée pendant le dernier tiers du XIX^e siècle. Il me paraissait opportun que l'Académie de Belgique, où la chimie minérale avait été si fort en honneur auparavant, participât à ce mouvement et en favorisât l'essor dans la mesure de son influence. C'est dans ce but que je lui demandai d'adopter pour le concours de 1900, à la suite d'autres questions déjà admises, une question conçue en ces termes :

« Compléter par des recherches nouvelles nos connaissances concernant les combinaisons formées par l'iode avec le fluor, le chlore et le brome. »

Je légitimais par les considérations suivantes le choix et l'extension restreinte de cette question.

Grâce aux travaux mémorables de M. Moissan, notre illustre associé, sur le fluor, la série des corps halogènes était complète depuis 1886; tous existaient à l'état de liberté et se tenaient à la disposition des chimistes.

Il n'existe pas dans la série générale des corps simples de groupe plus homogène et plus naturel que celui que constitue la famille des corps halogènes. Les relations que l'on constate dans les familles naturelles des éléments chimiques entre les poids atomiques de ceux-ci, leur manière d'être et leur manière d'agir, apparaissent, dans ce groupe, d'une façon plus évidente et plus instructive

que partout ailleurs. Il me semblait qu'il serait non seulement intéressant, mais même important, au point de vue général, et notamment au point de vue de la valence de ces éléments, de leur qualité et de leur énergie chimiques, de connaître, avec l'exacte précision d'expériences bien faites, les combinaisons qu'ils sont capables de contracter entre eux. Je pouvais invoquer, dans cet ordre d'idées, les enseignements précieux fournis par divers composés fluorés, et spécialement par ceux du phosphore, sur la valeur d'action chimique de leurs éléments respectifs.

Les combinaisons formées par les halogènes entre eux constituaient à cette époque un domaine relativement peu exploré. Le trouvant trop étendu pour faire, dans sa totalité, l'objet d'une question pour le prochain concours de 1900, j'avais jugé nécessaire de restreindre la compréhension de celle-ci aux seules combinaisons de l'iode. C'est que l'iode occupe une place à part dans le quatuor halogénique : il y représente l'état « *métal* » ; à lui aussi s'appliquerait d'une manière adéquate la dénomination de « *métalloïde* » dans la rigueur de son sens étymologique. A cette manière *d'être* si caractéristique correspond pour cet élément une manière *d'agir* qui ne l'est pas moins : l'iode se combine aisément avec ses congénères, et ces combinaisons se font remarquer par leur stabilité relative. Pour ces diverses raisons, une étude nouvelle, méthodiquement instituée, des composés des halogénures entre eux devait à mon sens commencer par celle des composés iodés, les plus faciles à obtenir et, sous certains rapports, les plus intéressants.

Diverses circonstances ne permirent pas à la Classe d'admettre cette question pour le concours de 1900.

Je proposai alors cet objet de recherches, appliqué au groupe tout entier des corps halogènes, pour une question du concours de 1901. L'énoncé en fut accepté tel que je l'ai indiqué en commençant ce rapport.

Comme il arrive dans la plupart des cas, cette question resta sans réponse en 1901. Cependant, à cette époque, les combinaisons des halogènes entre eux préoccupaient les chimistes et constituaient une véritable actualité. En cette même année, au cours de ses remarquables travaux sur les combinaisons directes du fluor, M. Moissan revenait sur le *fluorure d'iode* qu'un chimiste anglais, Gore, avait signalé d'une manière imparfaite en 1871. Dans un mémoire important, publié l'année suivante dans les *Comptes rendus* (*), M. Moissan établissait la composition de ce fluorure, IFl_5 , et en faisait connaître les propriétés principales.

Cette publication modifiait évidemment la situation dans laquelle se présentait la question des combinaisons des halogènes entre eux. Je ne crus pas toutefois qu'il fallût la retirer, l'étude du pentafluorure d'iode me paraissant pouvoir être continuée encore, à divers points de vue et d'une manière fructueuse, après le beau travail de M. Moissan. En l'absence de toute objection, cette question, telle qu'elle avait été formulée primitivement, fut réadmise pour le concours de 1903 d'abord et ultérieurement pour celui de 1905.

Je crois que la Classe a lieu de se féliciter aujourd'hui de l'avoir maintenue dans son programme, puisqu'elle a provoqué enfin un travail qui, à mon sens, constitue une contribution de grande valeur à la connaissance de

(*) Tome CXXXV, p. 563, séance du 13 octobre 1902.

l'action réciproque des corps halogènes, au point de vue chimique.

Le mémoire reçu par l'Académie est rédigé en français et, à en juger par certains indices, il vient de France. Je ne m'en étonne pas, puisque la France est la terre natale du fluor, dont il est surtout question dans ce travail..

L'auteur lui a donné pour devise et pour épigraphe : *La chimie est une science expérimentale*, et il a eu raison, parce que cette proposition caractérise parfaitement son œuvre. Ce n'est pas moi qui songerai à le critiquer à ce sujet, parce que, si je crois que la science chimique, comme toutes les sciences physiques d'ailleurs, vit par les idées, je crois que celles-ci doivent avoir pour origine et pour base les faits qu'elles servent à expliquer en les rattachant les uns aux autres en un tout logiquement cohérent. C'est dans cet esprit que l'auteur a modestement intitulé son mémoire :

Faits pour servir à compléter nos connaissances sur les combinaisons formées par les corps halogènes entre eux.

Les études de l'auteur étant purement et exclusivement expérimentales, on s'explique que le manuscrit où elles sont relatées ait une étendue que des personnes livrées à des recherches d'un autre genre pourraient trouver restreinte; mais la valeur des travaux de l'ordre objectif ne se mesure heureusement pas à leur extension matérielle.

Dans une fort courte introduction, l'auteur délimite la question qu'il se propose de résoudre par les faits. Selon lui, il ne manque à la liste des composés formés par les haloïdes entre eux, pour être complète, que celui ou ceux du fluor avec le chlore, du même élément avec le brome,

de celui-ci avec le chlore, composé encore peu connu. Je ne veux remplir en ce moment que l'office de rapporteur, me proposant de revenir plus tard sur l'idée que se fait l'auteur de l'extension de la tâche qu'il a entreprise.

La première partie de ses recherches est consacrée à l'action du chlore sur le fluor et réciproquement.

On sait déjà, à la suite des constatations de M. Moissan, qu'à la température ordinaire et sous l'action de la chaleur, le fluor et le chlore ne se combinent pas.

L'auteur a recherché comment se comportent ces deux éléments l'un vis-à-vis de l'autre, à basse température; pour résoudre la question d'une manière complète, il s'est livré à deux séries d'essais :

- a) L'une en opérant en présence d'un excès de chlore;
- b) L'autre en opérant en présence d'un excès de fluor.

On devine que des expériences où l'on met en action, soit comme tels, soit à l'état liquide, des gaz tels que le chlore et surtout le fluor ne se réalisent qu'au milieu de multiples difficultés et ne sont pas sans présenter de véritables dangers.

En lisant son mémoire, on voit de suite que l'auteur est parfaitement au courant des exigences du travail expérimental et qu'il les observe avec un soin scrupuleux. J'ajoute sans tarder qu'il se révèle comme un expérimentateur habile, consciencieux et attentif. La suite de son mémoire n'a fait que me confirmer de plus en plus dans cette appréciation.

Rien n'est aussi difficile que d'établir, comme une vérité, un fait négatif. Sous ce rapport, les expériences minutieuses et précises de l'auteur ne laissent aucun doute dans l'esprit, et l'on doit admettre avec lui que le fluor

et le chlore, dans quelque circonstance de température qu'ils se trouvent, par le plus grand froid ou sous l'action de la chaleur, sont incapables de se combiner.

On sait qu'il n'en est pas ainsi du brome et de l'iode; sous ce rapport, le chlore s'éloigne notablement de ses congénères. Il est inutile de faire ressortir l'intérêt et l'importance de cette différence dans la manière d'agir de ces éléments, quant à l'origine de l'affinité chimique en général.

Je ferai remarquer, en passant, que cette incapacité établit une différence bien curieuse entre deux groupes d'éléments que l'on est habitué, et à juste titre, à rapprocher l'un de l'autre, le fluor et le chlore d'une part, l'oxygène et le soufre d'autre part,

Fl	19	O	16
Cl	35.5	S	32

La facilité et l'énergie avec lesquelles l'oxygène et le soufre se combinent contrastent d'une manière étrange avec l'inaptitude, peut-être absolue, et l'antipathie invincible que manifestent l'un pour l'autre leurs correspondants halogénés Fl et Cl.

A cette occasion, je ne puis me dispenser de faire remarquer encore que ce serait dépasser les enseignements de l'expérience positive que d'admettre dans le fluor et le chlore une impossibilité vraiment absolue de combinaison. On éprouve les mêmes difficultés à réunir l'azote à l'oxygène dans les conditions ordinaires, et, cependant, dans certaines circonstances, ces éléments s'associent aisément. En ce qui concerne le fluor et le chlore, on ne peut évidemment pas songer à utiliser l'action catalytique de certains métaux; il ne reste que

l'effluve électrique qui serait peut-être capable de vaincre cette inertie. L'auteur aura jugé sans doute inutile, en présence de ces insuccès répétés et de la difficulté relative d'une semblable expérience, de faire expressément cette constatation.

Au cours de ces recherches, l'auteur a noté divers faits intéressants qui concernent les rapports de solubilité réciproque de ces deux halogènes. C'est d'abord que le fluor gazeux se dissout notablement dans le chlore liquide pour s'en dégager brusquement au moment de la congélation de celui-ci; c'est ensuite l'insolubilité presque totale du chlore solide dans le fluor liquide. Vu l'analogie, on pouvait s'attendre *a priori* à ce qu'il en fût autrement.

L'auteur mentionne encore l'action fort intéressante du fluor sur l'eau de chlore, action très nette et dont il résulte, en même temps que de l'acide fluorhydrique, de l'acide hypochloreux.

La seconde partie des recherches de l'auteur est consacrée à l'« action du fluor sur le brome ».

Dans ses études sur le fluor, M. Moissan a déjà constaté le fait de la combinaison directe de cet élément avec le brome. Il en a observé aussi la combinaison dans son action sur divers bromures. Mais l'étude du fluorure bromé formé dans ces conditions restait toute à faire.

Elle a été entreprise par l'auteur, qui a établi la composition de ce corps et en a fait connaître les propriétés les plus apparentes.

C'est, à mon sens, la partie principale du mémoire, et je déclare sans plus tarder qu'elle est traitée avec une grande supériorité.

L'auteur a étudié l'action réciproque du fluor et du brome dans deux conditions distinctes :

- a) D'abord l'action du fluor sur le brome en excès;
- b) Ensuite l'action du brome sur le fluor en excès.

On saisira plus tard la nécessité et l'importance de cette double série d'expériences.

1° Action du fluor sur le brome en excès.

L'auteur constate d'abord, comme l'avait déjà indiqué M. Moissan, que le fluor s'unit très facilement au brome dès la température ordinaire. La réussite de l'opération en vue de l'obtention d'un produit pur nécessite l'emploi d'un brome lui-même bien pur et complètement sec en vue d'éviter la formation de l'acide fluorhydrique. L'auteur fait connaître la méthode qu'il a mise en pratique dans ce but, ainsi que l'ingénieux appareil qu'il a imaginé pour réaliser la réaction du fluor gazeux sur le brome liquide, à basse température.

Au contact du gaz fluor, le brome liquide, renfermé dans une petite capsule en platine, perd sa couleur et se transforme en un liquide presque incolore, non miscible au brome, qui ne s'y dissout que faiblement; comme celle du chlore solide dans le fluor liquide, cette insolubilité me paraît digne de remarque, étant donné que les corps qui se ressemblent quant à leur composition sont, en général, aisément solubles les uns dans les autres (*).

Le fluorure ainsi obtenu se congèle aisément par le froid, en se transformant en une masse cristalline. On doit admettre que le produit formé dans ces conditions représente le fluorure « au minimum ».

(*) BrF_3 , $\text{Br} = 58.38\%$.

L'analyse en a été faite en le décomposant au moyen d'une solution aqueuse de soude caustique : le fluor se transforme en fluorure et le brome en hypobromite et bromate sodiques. Une des moitiés de la liqueur a servi à doser le fluor sous forme de fluorure calcique, l'autre moitié, après avoir été soumise à l'action de l'acide sulfureux, a permis de doser le brome à l'état de bromure argentique. Les résultats fournis par les analyses de produits provenant de quatre opérations différentes s'accordent sensiblement avec la formule BrFl_3 .

Trifluorure de brome BrFl_3 .

	Calculé.	Trouvé. Moyenne de 3 et 4.
Fluor :	41.61 %	41.13
Brome :	58.38 % (*)	58.87.

2° Action du brome sur le fluor en excès.

Il importait de connaître le produit formé dans des conditions inverses des précédentes, c'est-à-dire par l'action du brome sur le fluor en excès; on devait s'attendre à obtenir dans ces circonstances le fluorure « au maximum ».

L'appareil dans lequel a été cette fois réalisée la combinaison des deux éléments est l'appareil précédemment employé, avec quelques légères modifications. Il est maintenant rempli de gaz fluor pendant toute la durée de l'opération, et la vapeur de brome y est envoyée d'une façon intermittente et par très petites quantités à la fois. En pénétrant dans le gaz fluor, elle produit une lueur verte et le fluorure formé se condense dans le creuset de

(*) $\text{Br} = 79.96$, $\text{Fl} = 19$.

platine, placé à l'intérieur et qui fait l'office de récipient.

Le composé formé dans ces conditions a le même aspect extérieur et les mêmes propriétés que celui préparé antérieurement. L'analyse démontre qu'il est aussi constitué par du *trifluorure de brome* BrFl_3 .

A cette occasion, l'auteur rapporte les résultats d'analyses exécutées par un procédé spécial, dans le but de déterminer directement la quantité de fluor et de brome existant dans un poids donné de fluorure. Ces opérations délicates ont donné des résultats satisfaisants et concordant pleinement avec ceux obtenus précédemment. Voici les chiffres auxquels on est arrivé dans le second de ces essais.

	Trouvé.	Calculé.
Fluor :	41.68 %	41.66
Brome :	58.31 %	58.38.

Il ne peut donc exister aucun doute sur l'individualité et la composition de ce produit.

Je ne puis me dispenser de faire remarquer l'importance de cette série d'expériences si judicieusement instituée et si habilement réalisée. Il en ressort d'une manière certaine que, quels que soient les rapports de masse suivant lesquels ils sont présentés l'un à l'autre, le fluor et le brome ne s'unissent qu'en une seule proportion et ne forment qu'un *seul produit*, qui est le *trifluorure* BrFl_3 .

L'auteur consacre plusieurs pages de son mémoire à la description des propriétés de ce composé important. Le soin qu'il a mis à ces constatations résulte de la déclaration qu'il fait qu'afin d'opérer avec un produit aussi pur que possible, chaque propriété chimique a été étudiée sur un échantillon préparé spécialement.

A la température ordinaire, le trifluorure de brome

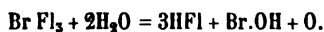
constitue un liquide presque incolore, fumant abondamment à l'air et s'y colorant en jaune orangé, dont les vapeurs sont très irritantes et désorganisent rapidement les tissus.

Il se congèle aisément en une masse cristalline, incolore. Son point de fusion est très voisin de $+ 5^{\circ}$. Son point d'ébullition n'a pu être déterminé qu'approximativement; il est situé, sous la pression ordinaire, vers 130° - 140° .

L'auteur a constaté l'action de divers corps simples sur ce produit, celle de l'iode, du soufre, du phosphore rouge, de l'arsenic, de l'antimoine, du silicium, du bore et du carbone. Son activité chimique est comparable à celle du fluor lui-même. Dans ces diverses réactions, il se forme des vapeurs des fluorures et des bromures des métalloïdes employés.

Quant à l'action des corps composés, l'auteur a surtout étudié celles de l'eau et d'un alcali, la soude caustique.

La réaction de l'eau est très violente; elle a été minutieusement examinée. Elle a pour résultat immédiat la formation de l'acide fluorhydrique, de l'acide hypobromeux et un dégagement d'oxygène libre.



C'est la première fois, je pense, que l'on constate un dégagement d'oxygène dans une réaction de ce genre. Je rappellerai que, dans les mêmes conditions, le trifluorure d'arsenic AsFl_3 fournit, selon la règle habituelle, de l'acide fluorhydrique et de l'acide arsénieux. La réaction du trifluorure de phosphore avec l'eau s'éloigne encore davantage de celle que subit, de la part de cet agent, le trifluorure de brome BrFl_3 . Aussi quelle distance n'y

a-t-il pas entre le brome d'une part, l'arsenic et le phosphore d'autre part.

Sous l'action de la soude caustique en solution aqueuse, le trifluorure de brome se comporte comme avec l'eau et fournit, en même temps que de l'oxygène libre, les sels sodiques des deux acides, HFl et Br(OH) , formés dans ces conditions.

L'auteur termine cette revue en constatant que ce composé détruit avec violence la plupart des matières organiques, dont certaines, telles que l'alcool, l'éther, la benzine, etc., prennent feu à son contact. Alors même que le trifluorure de brome serait d'une préparation facile et d'un maniement aisé, ce qui n'est nullement le cas, on voit qu'il n'a aucune chance d'entrer dans le groupe des composés minéraux utilisés dans les transformations courantes de la chimie organique.

L'auteur termine ce chapitre de son mémoire par l'étude de l'action du fluor sur le brome en présence de l'eau, action comparable à celle que détermine le chlore dans les mêmes circonstances; le fluor oxyde le brome en le convertissant d'abord en acide hypobromeux, puis en acide bromique.

Avant d'abandonner cet objet, j'exprimerai le regret de ne pas rencontrer, dans la description physique du *trifluorure de brome*, l'indication de la densité de ce corps à l'état liquide et de sa densité à l'état de vapeur. Je présume que ces deux constantes physiques doivent être malaisées à déterminer pour un corps dont le maniement doit être aussi désagréable et même aussi dangereux que l'est celui de BrFl_3 , mais j'estime que ces difficultés ne sont pas au-dessus de l'habileté expérimentale dont l'auteur a donné tant de preuves.

Je regrette aussi que l'auteur ne nous renseigne pas

sur les rapports de son trifluorure BrF_3 avec les bromures métalliques, et notamment avec les bromures alcalins. On sait combien est intéressante, à divers titres, l'étude des fluorures doubles métal-métalloïdiques; je rappellerai encore à cette occasion le composé remarquable que forme le *trichlorure d'iode* ICl_3 avec le chlorure potassique, c'est-à-dire le *chloro-iodite* KICl_4 . La facilité avec laquelle se forme ce beau sel engage, ce me semble, à examiner comment se comporte dans des conditions analogues le trifluorure BrF_3 .

Je ferai les mêmes observations en ce qui concerne le *pentafluorure d'iode* IF_5 , dont l'histoire aurait pu s'enrichir de ces renseignements. Je n'ai pas besoin d'insister sur leur importance; quant à celle de la densité de la vapeur, on sait en quels rapports étroits elle est liée à l'état et à la grandeur moléculaires des corps composés et, pour des combinaisons de l'espèce en question, à la valeur des éléments qu'ils renferment.

Je tiens à ajouter qu'en exprimant ces regrets, mon intention n'est pas de formuler des reproches à l'adresse de l'auteur. L'expression « compléter nos connaissances » de l'énoncé de la question à laquelle il a répondu à ma grande satisfaction, doit s'entendre dans son sens raisonnable et non dans son sens rigoureux et grammatical. Au surplus, si elle concerne tout à la fois le nombre des combinaisons que peuvent former les corps halogènes par leur union réciproque et les propriétés de ces combinaisons elles-mêmes, c'est à leur nombre qu'elle se rapporte surtout et spécialement, car demander à faire connaître d'une manière vraiment *complète* les propriétés d'un corps serait demander l'impossible : une telle exigence serait contraire au bon sens et ne peut être dans la pensée de personne.

Le mémoire de l'auteur se termine par l'exposé des recherches qu'il a entreprises sur le « chlorure de brome ». Dès 1826, Balard constata que ces deux éléments s'unissent directement, mais c'est en 1877 seulement qu'un chimiste allemand, Bornemann, entreprit de déterminer la formule de la combinaison formée qu'il représenta par BrCl .

Je dirai en passant que si l'on se place au point de vue de l'analogie, l'iode formant un trichlorure ICl_3 et la capacité de combinaison des halogènes croissant avec leur poids atomique, on est porté à admettre cette formule comme exprimant, ou mieux comme devant exprimer réellement, la composition de ce chlorure.

Quoi qu'il en soit, l'auteur estime, et je partage son avis, que, malgré la fixité de sa composition, rien ne démontre que le produit examiné et analysé par Bornemann constitue une véritable espèce chimique.

L'auteur a cherché à isoler le chlorure de brome en le faisant cristalliser au sein de sa solution dans le chlore liquide.

De l'expérience fort intéressante qu'il a faite et qui me paraît d'un genre bien difficile à réaliser, je ne rapporterai que son résultat final : il a obtenu, comme il le dit, de beaux cristaux peu colorés, d'une teinte jaune orangé, beaucoup plus claire que celle des cristaux du brome à cette même température, dont le point de solidification est vers -40° .

La formation de ces cristaux constitue un fait nouveau dans l'histoire du chlorure de brome, mais leur analyse n'a pas donné jusqu'ici des résultats concordants avec le rapport du chlore au brome exprimé par la formule BrCl .

L'auteur déclare qu'il n'a pas pu terminer cette partie

de ses recherches. On doit le regretter autant que lui-même.

Fidèle à la devise qui caractérise son mémoire, l'auteur est fort sobre de considérations générales au sujet des aptitudes réactionnelles réciproques des corps halogènes. Il est vrai que pour les formuler, il se place exclusivement au point de vue des données nouvelles que ses recherches ont fait connaître. Si l'on tient compte de l'ensemble des faits, on peut formuler les propositions générales suivantes :

a) La capacité de combinaison réciproque des corps halogènes dépend de leur poids atomique.

b) Étant donné un élément X, elle atteint son maximum dans la combinaison fluorée, donc dans l'élément dont le poids atomique est le plus faible, pour diminuer de deux en deux unités à mesure que le poids atomique augmente.

Iode : IFl_5 , ICl_5 , IBr ;

Brome : BrFl_3 , BrCl ?

c) Vis-à-vis d'un même halogène X, la capacité de combinaison des divers halogènes augmente à mesure que s'élève le poids atomique.

Composés fluorés : $\left\{ \begin{array}{l} \text{Cl} = 0; \\ \text{Br} = 3, \text{ BrFl}_3; \\ \text{I} = 5, \text{ IFl}_5. \end{array} \right.$

Composés chlorés : $\left\{ \begin{array}{l} \text{Fl} = 0; \\ \text{Br} = 1, \text{ BrCl}; \\ \text{I} = 3, \text{ ICl}_3. \end{array} \right.$

Composés bromés : $\left\{ \begin{array}{l} \text{Fl } \frac{1}{3} \text{ Br, BrFl}_3; \\ \text{Cl } 1, \text{ BrCl}. \end{array} \right.$

d) Quant à l'aptitude à la combinaison, vis-à-vis d'un élément donné, elle est à son maximum dans le corps halogène dont le poids atomique est le plus faible, pour décroître alors que le poids atomique s'élève. Ainsi en est-il de l'iode vis-à-vis du fluor, où elle est à son maximum pour de là décroître vis-à-vis du chlore et vis-à-vis du brome où elle est à son minimum.

Energie et capacité de combinaison sont donc corrélatives.

e) En général, l'aptitude à la combinaison de deux corps halogènes distincts est d'autant plus développée, de même que leur capacité de saturation réciproque, qu'ils sont plus éloignés l'un de l'autre dans la série halogénique.

I et Fl, combustion, d'où I Fl_3 ;

Cl et Fl, absence de combinaison.

f) Comme le remarque l'auteur, le fluor se comporte d'une façon comparable à l'oxygène vis-à-vis des trois autres éléments halogénés.

La stabilité des composés fluorés va de ceux-ci en décroissant de l'iode au chlore. Et de même que l'iode déplace le brome de ses composés oxygénés, de même l'iode déplace le brome de son trifluorure avec dégagement de chaleur.

Il serait superflu de faire ressortir l'intérêt, l'importance même, au point de vue de la théorie de l'affinité, de ces observations générales.

Il est temps maintenant de conclure.

Considérant l'habileté intelligente et le soin scrupuleux dont l'auteur a constamment fait preuve dans l'institution

et la réalisation d'expériences difficiles et même dangereuses ;

Considérant en même temps la précision, la netteté et la sûreté des résultats obtenus, j'estime que le mémoire qui a pour devise : « La chimie est une science expérimentale » mérite, malgré les lacunes qu'il présente en ce moment, d'être favorablement accueilli par l'Académie.

J'ai donc l'honneur de lui proposer :

1° De décerner la médaille à l'auteur ;

2° De décider l'impression de son mémoire dans les *Mémoires* in-8°, alors qu'il aura été complété en divers points conformément aux observations formulées dans le cours de ce rapport. »

Louvain, le 28 septembre 1905.

Rapport de M. W. Spring, deuxième commissaire.

« Je n'ai rien à ajouter au rapport si complet et si judicieux de notre savant confrère M. L. Henry ; je me rallie donc entièrement aux propositions formulées. »

Rapport de M. Delacre, troisième commissaire.

« Je me rallie volontiers aux conclusions des deux savants premiers commissaires. »

La Classe, adoptant les conclusions des rapports de ses commissaires, décerne sa médaille d'or de *mille francs* à l'auteur du mémoire, M. Paul Lebeau, professeur agrégé à l'École supérieure de pharmacie de Paris.

TROISIÈME QUESTION.

On demande une contribution importante à la théorie des complexes de droites du troisième ordre, par exemple l'étude des complexes représentés par une équation de la forme

$$\alpha\beta\gamma - K\alpha'\beta'\gamma' = 0,$$

où $\alpha = 0, \beta = 0, \dots$ sont les équations de complexes linéaires, K un paramètre.

M. Neuberg, premier commissaire, déclare que le temps lui a fait défaut pour l'examen approfondi des mémoires reçus en réponse à cette question.

La Classe ajourne à trois mois la décision à prendre sur les conclusions des rapports.

SCIENCES NATURELLES.

DEUXIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur la reproduction et la sexualité des Dicyémides. L'embryon infusoriforme est-il vraiment le mâle de ces parasites? On désire voir établir un parallèle entre la génération des Rhombozoaires d'une part et celle des Protozoaires de l'autre.

Rapport de M. Aug. Lameere, premier commissaire.

« La curieuse organisation des Dicyémides a été mise en lumière en 1876 par M. Éd. Van Beneden.

Ces parasites singuliers vivent dans la cavité rénale des Céphalopodes, fixés par une extrémité au corps spongieux ; ils montrent, sous un revêtement de cellules périphé-

riques ciliées, une grande cellule axiale dans laquelle prennent naissance de nouveaux individus. Le développement de ceux-ci ressemble à la segmentation inégale d'un œuf : des cellules issues de la multiplication d'un micromère entourent, par épibolie, un macromère qui devient la cellule axiale.

M. Éd. Van Beneden a homologué les cellules périphériques à l'ectoderme et la cellule axiale à l'endoderme des Métazoaires; il a considéré les Dicyémides, dépourvus de mésoderme, comme les seuls survivants actuels d'un embranchement des Mésozoaires, animaux à deux feuilletts seulement, intermédiaires entre les Protozoaires et les Métazoaires.

Ces vues ont été adoptées par la plupart des zoologistes; quelques-uns d'entre eux cependant, eu égard aux mœurs parasitaires des Dicyémides, les ont envisagés comme des Métazoaires dégénérés, se rattachant soit aux Trématodes, soit à la larve *planula* des Cœlentérés.

L'intérêt présenté par ces organismes se double du mystère qui entoure encore leur reproduction. M. Éd. Van Beneden a reconnu, comme Kolliker, l'existence de deux sortes d'individus, des individus vermiformes et des individus infusoriformes, mais il a découvert qu'il y avait deux catégories de vermiformes : les uns, qu'il a appelés nématogènes, n'engendrent que des individus vermiformes, les autres, qu'il a appelés rhombogènes, ne donnent naissance qu'à des individus infusoriformes.

La structure de ces derniers n'avait pu être complètement élucidée par M. Éd. Van Beneden : il avait constaté cependant qu'ils ne produisent jamais d'embryons et que leur corps renferme un organe en forme d'urne dont le contenu lui était resté énigmatique.

Considérant que les individus vermiformes meurent lorsqu'on les retire des reins des Céphalopodes pour les mettre dans l'eau de mer, tandis que les individus infusoriformes s'y maintiennent parfaitement en vie et nagent activement, M. Éd. Van Beneden avait émis l'hypothèse que les premiers reproduisent l'espèce sur place, tandis que les autres servent à la dissémination du parasite et à l'infection de nouveaux Céphalopodes.

Mais, en 1882, M. Éd. Van Beneden écarta cette hypothèse pour lui en substituer une autre qui lui était suggérée par les découvertes faites sur les Orthonectides, organismes dont la structure dévoilait une parenté étroite avec les Dicyémides.

Les Orthonectides, parasites de divers animaux marins, offrent deux sortes d'individus, les uns ayant des cellules reproductrices de taille avantageuse qui ressemblent à des œufs, les autres produisant, au contraire, des cellules extrêmement petites et flagellées, ressemblant à des spermatozoïdes. M. Metchnikoff, à qui est due cette découverte, imbu de l'idée que les Orthonectides sont des Vers dégénérés, considéra que les premiers individus étaient des femelles et les autres des mâles.

Ces vues furent adoptées par M. Ch. Julin, qui, tout en démontrant l'affinité des Orthonectides avec les Dicyémides, découvrit qu'il y avait deux espèces de femelles, des femelles aplaties qui ne donnent naissance qu'à des femelles, et des femelles cylindriques qui n'engendrent que des mâles.

Un parallélisme remarquable se trouvait révélé entre la reproduction des Dicyémides et celle des Orthonectides : M. Éd. Van Beneden, réunissant alors ces derniers aux Dicyémides ou Rhombozoaires dans son embranche-

ment des Mésozoaires, considéra que les Dicyémides vermiformes représentent des femelles, que les nématogènes correspondent à la femelle aplatie des Orthonectides et les rhombogènes à la femelle cylindrique, et il émit l'hypothèse que les Dicyémides infusoriformes étaient des mâles.

En 1892, M. Keppen découvrit dans l'urne des individus infusoriformes des Dicyémides, les mêmes cellules que M. Metchnikoff avait considérées comme étant des spermatozoïdes chez les Orthonectides : l'homologie entre l'infusoriforme des Dicyémides et le mâle des Orthonectides était par ce fait démontrée.

Seulement, en présence des découvertes récentes faites sur la génération des Protistes, nous devons être extrêmement circonspects en ce qui concerne l'interprétation des phénomènes de reproduction offerts par des êtres encore aussi énigmatiques que les Orthonectides et les Dicyémides : nous ne possédons absolument aucune preuve que les cellules qui ont été considérées chez ces organismes comme étant des spermatozoïdes, soient en réalité des gonocytes mâles et non des microzoospores; la fécondation n'a été observée ni chez les Dicyémides ni chez les Orthonectides, et nous n'avons absolument aucune preuve non plus que les cellules considérées comme étant des œufs soient en réalité des gonocytes femelles et non des macrospores. Nous sommes, en outre, encore dans une ignorance complète sur le mode de dissémination de ces bizarres parasites.

C'est dans ces conditions que se pose la question formulée par la Classe des sciences de l'Académie dans les termes suivants :

On demande de nouvelles recherches sur la reproduction

et la sexualité des Dicyémides. L'embryon infusoriforme est-il vraiment le mâle de ces parasites? On désire voir établir un parallèle entre la génération des Rhombozoaires d'une part, et celle des Protozoaires de l'autre.

Le mémoire, rédigé en allemand, envoyé en réponse à cette question, est assez étendu et il est accompagné de quatre planches de grand format d'une exécution soignée. Armé des ressources de la technique moderne et des procédés optiques de notre temps, l'auteur a pu non seulement confirmer presque tous les faits observés par ses devanciers, mais il en a ajouté de nouveaux, qui sont principalement du domaine de la cytologie. Je ne m'occuperai cependant que des résultats qui sont directement en rapport avec la teneur de la question posée.

L'auteur considère les individus nématogènes comme constituant une génération agame, les rhombogènes seraient par contre des femelles, les infusoriformes, des mâles. Il se fonde sur la découverte qu'il aurait faite des globules polaires pour établir que les rhombogènes pondent de véritables œufs, et le cycle biologique serait le suivant : des spores produites par les nématogènes sortiraient de nouveaux nématogènes et des rhombogènes ou femelles; les œufs de ces dernières, unis aux spermatozoïdes d'infusoriformes arrivés des reins d'autres Céphalopodes, donneraient des infusoriformes ou mâles qui émigreraient vers des hôtes déjà infectés afin d'opérer une fécondation croisée. L'infection de nouveaux Céphalopodes se ferait par l'émigration de nématogènes engendrés secondairement par des rhombogènes qui auraient cessé de donner des infusoriformes.

A première vue, il semble que ce travail fasse faire de grands progrès à la connaissance de la génération des

Dicyémides, mais il faut malheureusement en rabattre.

L'auteur ne nous donne aucune preuve directe de l'existence de la fécondation : il a vu près des cellules reproductrices des rhombogènes des éléments très petits qu'il considère comme des spermatozoïdes ayant perdu leur queue, mais sans pouvoir prouver ses dires, et il n'a jamais vu un de ces éléments pénétrer dans un œuf; il a vu des cellules reproductrices de rhombogènes renfermant deux noyaux qu'il croit être des pronucléi, sans avoir pu établir cependant d'aucune façon que l'un de ces noyaux soit celui d'un spermatozoïde; M. Éd. Van Beneden avait aussi observé ces cellules, mais il les avait considérées comme étant en voie de division.

L'auteur ne nous fournit pas d'ailleurs la preuve que les infusoriformes sont des mâles : il a très nettement vu les cellules flagellées que M. Metchnikoff a considérées comme étant des spermatozoïdes chez les Orthonectides, mais il ne nous donne aucun détail sur ce qui serait une spermatogénèse si ces éléments étaient réellement des spermatozoïdes.

L'auteur ne prouve enfin nullement que les cellules reproductrices des rhombogènes sont des œufs, car la description et les figures qu'il nous donne des phénomènes de maturation avec expulsion des globules polaires ne peuvent en aucune façon nous convaincre. L'auteur constate qu'il n'a vu ces phénomènes que très rarement; il n'a jamais observé la sortie du premier globule polaire, et les figures qu'il donne de l'expulsion du second ne ressemblent que de très loin ou même pas du tout à ce que l'on observe dans la réduction caryogamique des œufs véritables. Par contre, ces figures rappellent beaucoup la figure 38 de la planche III, où l'auteur nous repré-

sente un embryon provenant d'un individu agame et offrant deux cellules : l'une de celles-ci expulse un élément ressemblant tout à fait à un globule polaire, mais il ne s'agit ici, évidemment, comme le déclare l'auteur, que d'une cellule en voie de division avec avortement de l'une des cellules filles. Les prétendus globules polaires ne seraient-ils pas des cellules du même genre?

Il ne nous est donc prouvé ni que les individus rhombogènes sont des femelles, ni que les infusoriformes sont des mâles, ni que la fécondation existe entre les cellules reproductrices des vermiformes et les cellules flagellées des infusoriformes.

En ce qui concerne le cycle biologique, l'auteur a constaté, chez des Céphalopodes très jeunes, la présence de Dicyémides nématogènes encore peu développés et d'individus infusoriformes qui ne pouvaient, évidemment, provenir que de rhombogènes habitant des Céphalopodes où l'infection était plus avancée. C'est la démonstration du bien fondé de l'idée de M. Éd. Van Beneden que l'infusoriforme se transporte d'un Céphalopode à un autre.

L'auteur considère, d'autre part, comme vraisemblable que l'infection se propage par des nématogènes secondaires, mais c'est là une hypothèse toute gratuite de sa part, et une hypothèse inacceptable, puisque M. Éd. Van Beneden a constaté que les individus vermiformes ne peuvent vivre dans l'eau de mer.

Tout ce qui semble neuf dans la partie du travail qui répond à la question posée n'est donc en aucune façon prouvé : il eût été cependant bien nécessaire que l'auteur nous apportât ne fût-ce qu'une preuve positive à l'appui de sa manière de voir, car depuis les découvertes récentes que l'on a faites dans le domaine des Protistes, on peut

concevoir le cycle biologique des Rhombozoaires d'une façon très différente.

Il n'y aurait pas de sexualité : les individus vermiformes se reproduiraient par macrospores et se multiplieraient dans leur hôte; les individus infusoriformes seraient la forme émigrante qui transporte l'infection d'un Céphalopode à l'autre au moyen de microzoospores. Celles-ci, après avoir peut-être copulé deux à deux, pénétreraient dans les cellules des corps spongieux et, après une période de croissance, elles viendraient faire hernie, à la manière des Grégarines, dans la cavité du rein pour acquérir leur structure définitive de nématogènes.

Cette hypothèse n'est que l'amplification, à la lumière de nos connaissances actuelles sur la génération des Protistes, de l'interprétation première de M. Éd. Van Beneden. Elle ne va à l'encontre d'aucun fait actuellement prouvé, et si elle se vérifiait, tout ce qu'il y a de paradoxal dans la reproduction des Dicyémides et des Orthonectides s'évanouirait. Ces organismes devraient probablement être rangés alors près des Sporozoaires, comme le soupçonnait P.-J. Van Beneden.

Pour en revenir au mémoire qui nous est soumis, on ne peut nier qu'il n'ait demandé une somme de travail considérable et que des recherches sur des organismes aussi petits que les Dicyémides ne soient extrêmement difficiles. Ces recherches ont duré quatre années, et l'on peut se demander si elles ne renferment pas une preuve indirecte de l'absence de sexualité chez les Dicyémides, puisque, après un labeur aussi prolongé, l'auteur n'est pas parvenu à nous fournir une seule preuve positive en faveur de la thèse qu'il soutient.

Quoi qu'il en soit, j'estime qu'il serait prématuré d'accorder le prix au mémoire; je préférerais que la Classe remît la question au concours : l'auteur, parfaitement habitué à sa technique et maître de son sujet, pourrait, guidé par la critique que je me suis permis de faire de son travail, arriver sans doute promptement à nous éclairer dans un sens ou dans un autre, et alors ce serait avec une grande joie que je verrais l'Académie couronner ses efforts. »

Rapport de M. Pelseneer, deuxième commissaire.

« I. — Je ne puis m'associer au jugement un peu sévère du savant premier commissaire. Une pratique continue du travail personnel de laboratoire doit, me semble-t-il, rendre plus indulgent, au moins dans le domaine biologique; car elle enseigne qu'il est impossible d'atteindre toute la vérité qu'on cherche, et qu'il est malaisé de réaliser complètement le programme que l'on s'est proposé.

Or le mémoire présenté est manifestement une contribution intéressante et très appréciable à la connaissance des Dicyémides et de leur reproduction.

II. — D'autre part, les interprétations théoriques qui, avec le temps, se substituent l'une à l'autre, sont de plus en plus proches de la vérité définitive.

Et, à ce point de vue également, les interprétations de l'auteur marquent, en divers endroits, un progrès sur les précédentes.

III. — Toutefois, je ne puis m'empêcher de considérer le travail soumis au jugement de l'Académie comme *très hâtivement terminé et comme incomplet* — même dans la pensée de l'auteur.

En effet, le manuscrit annonce (pp. 2, 84, 102 et 107) des chapitres inachevés, qui seront envoyés « plus tard ». En outre, dans toute l'étendue du mémoire, il n'y a (sauf deux exceptions) *pas une seule* citation bibliographique, ce qui n'est pas conforme aux règles du concours : car celles-ci exigent que, pour chaque auteur cité, le titre et la page de l'ouvrage soient indiqués.

IV. — De sorte que, pour conclure, tout comme le savant premier rapporteur, — et à la fois dans l'intérêt du concurrent et dans celui des publications de l'Académie, — je propose de remettre la question au concours. De cette manière, l'auteur pourra compléter son œuvre et éventuellement profiter des observations consignées dans le premier rapport. »

*Rapport de M. Édouard Van Beneden,
troisième commissaire.*

« La critique que mon savant confrère M. Lameere a faite du mémoire de concours relatif aux Dicyémides me paraît de tous points justifiée. Le cycle biologique admis par l'auteur ne repose pas sur des faits suffisamment démonstratifs; sa conception est, en partie du moins, hypothétique.

Il n'est pas prouvé que les formations que j'ai appelées

Germigènes sont des femelles : pour que les germes qui en émanent méritent d'être appelés des œufs, il faudrait que l'ovogenèse appuyât cette interprétation, ou qu'il fût démontré que la fécondation est la condition de leur développement ultérieur. En l'absence de toute donnée relative à la spermatogenèse, il n'est pas absolument établi que les Infusoriformes sont des mâles, ni que le contenu de l'urne est un amas spermatique.

Une communication toute récente, faite à la fois à l'Institut de France et à la Société de biologie, par MM. Caullery et Mesnil, communication insérée dans les *Comptes rendus* postérieurement à la rédaction du rapport de M. Lameere, justifie pleinement les doutes exprimés par ce dernier : pour MM. Caullery et Mesnil, les *Germigènes* ne seraient pas des femelles, mais produiraient à la fois des œufs et des spermies; les Infusoriformes répondraient, dans le cycle évolutif des Dicyémides, aux larves ciliées que ces auteurs ont découvertes chez les *Orthonectides* : larves ciliées et Infusoriformes serviraient à la transmission de l'infection parasitaire d'un hôte infecté à un animal encore indemne. De là une conception de la multiplication et de la sexualité des Dicyémides bien différente de celle qu'adopte l'auteur anonyme. Certes, le rapprochement qui est à la base de l'idée formulée par MM. Caullery et Mesnil est d'ordre hypothétique, comme l'opinion très différente exposée dans le mémoire de concours; on ne peut en faire état pour condamner les conclusions de ce dernier. Mais en s'appuyant sur les faits consignés dans le mémoire de concours, on ne serait pas justifié davantage à rejeter la thèse des deux éminents naturalistes français, tant il est

vrai que la question reste, sinon entièrement, du moins en grande partie à résoudre.

Cependant, il ne me paraît pas contestable que nous nous trouvons en présence d'un travail de réel mérite; que l'auteur apporte à l'histoire des Dicyémides un ensemble très respectable de faits nouveaux, fruit de quatre années d'un travail assidu; que ses recherches l'ont conduit à une interprétation nouvelle du cycle évolutif des Rhombozoaires; que cette interprétation peut être l'expression de la vérité; que le mémoire, en raison même de ses lacunes, ne peut manquer de provoquer, à bref délai, de nouvelles recherches.

L'auteur reconnaît très loyalement qu'il n'a pas épuisé le sujet; l'épigraphe qu'il a inscrite en tête de son manuscrit, empruntée à Goethe : *So eine Arbeit wird eigentlich nie fertig; man muss sie für fertig erklären, wenn man nach Zeit und Umständen das Möglichste gethan hat*, semble indiquer qu'ayant conscience d'avoir fait ce qu'il a pu, ne croyant pouvoir faire ni plus ni mieux, il n'a pas l'intention de poursuivre ultérieurement la solution de la question à laquelle il a consacré son labeur et ses peines.

Eût-il été possible de faire davantage avec les moyens d'investigation dont nous disposons? Peut-être; mais il serait certainement téméraire de l'affirmer.

Quand j'ai rédigé la question adoptée par la Classe, j'ai cherché à indiquer les points que je considère, à tort ou à raison, comme étant actuellement les lacunes principales de l'histoire des Dicyémides. Mais mon but était essentiellement de provoquer de nouvelles recherches sur l'organisation et le développement des Rhombo-

zoaires; d'obtenir, grâce à ces recherches, une contribution nouvelle à la connaissance de ces organismes énigmatiques.

Le mémoire que nous avons à juger, tout en ne comblant pas les desiderata relevés dans le texte de la question, est, à mon avis, comme de l'avis de mes savants confrères, MM. Lameere et Pelseneer, une contribution importante à l'étude des Rhombozoaires. Il serait regrettable qu'il ne fût pas livré à la publicité.

Pour toutes ces raisons, je crois devoir proposer à la Classe de couronner l'auteur; de décider, en outre, l'impression de son travail dans le recueil des *Mémoires* in-4° et la reproduction, par la lithographie, des quatre planches qui accompagnent le manuscrit.

S'il fallait n'accorder nos prix qu'à des œuvres résolvant complètement et définitivement les questions posées, m'est avis que nous n'aurions que bien rarement l'occasion de les décerner. J'estime qu'il y a tout avantage pour l'Académie à ne pas s'en tenir trop rigoureusement aux termes des questions posées; à récompenser les auteurs de travaux originaux envoyés en réponse à des questions de concours, dès le moment où ces travaux fournissent un contingent suffisant d'observations, de faits et d'idées.

Si mes honorables confrères MM. Lameere et Pelseneer partagent cet avis, ils peuvent, me paraît-il, sans se déjuger, se rallier à mes propositions. »

MM. Lameere et Pelseneer se rallient à ces propositions.

La médaille d'or, d'une valeur de *mille francs*, est décernée à l'auteur du mémoire, M. le Dr Max Hartmann, *Privat-dozent* à Giessen.

SIXIÈME QUESTION.

Il existe un assez grand nombre de végétaux dioïques (divers OEDOGONIUM, les Muscinées dioïques, etc.) chez lesquels un même œuf donne naissance, par suite de division, à plusieurs individus. On demande des recherches expérimentales sur la question de savoir si ces individus sont toujours nécessairement de même sexe.

Rapport de M. Alfr. Gilkinet, premier commissaire.

« Dans son programme de concours pour 1905, l'Académie posait la question suivante :

Il existe un assez grand nombre de végétaux dioïques (divers OEDOGONIUM, les Muscinées dioïques, etc.) chez lesquels un même œuf donne naissance, par suite de division, à plusieurs individus. On demande des recherches expérimentales sur la question de savoir si ces individus sont toujours nécessairement du même sexe.

Le mémoire envoyé en réponse à cette question est intitulé : *Recherches expérimentales sur la sexualité des spores chez les mousses dioïques.*

Dans une courte introduction, l'auteur nous dit qu'il se propose de rechercher : 1° Si toutes les spores d'une même capsule de mousse sont ou non du même sexe; 2° Si les protonémas, c'est-à-dire ces filaments par lesquels se manifeste la germination de la spore et qui produiront ultérieurement les bourgeons, les tiges et les organes de reproduction, si ces protonémas sont unisexués ou bien s'ils donnent naissance à la fois à des fleurs mâles et à des fleurs femelles.

Cette dernière opinion est celle de Limpricht et de Rubland. Celui-ci, notamment, déclare que dans tous les

cas de dioécie chez les mousses, les deux sexes se montrent à côté l'un de l'autre sur le même protonéma.

Enfin, les tiges adultes, parfaitement développées, peuvent, dans certaines conditions, donner naissance à des filaments qui constituent un nouveau protonéma (protonéma secondaire). Est-il exact, comme l'ont pensé certains auteurs, qu'il pourrait y avoir transmutation de sexe et qu'une tige ayant porté une année des anthéridies pourrait, l'année suivante, se couvrir d'archégones ou fournir un protonéma secondaire de sexualité femelle?

Avec raison, l'auteur estime qu'il n'existe qu'une seule méthode rigoureuse à employer pour résoudre ces questions, celle qui consiste à suivre l'évolution des spores depuis la germination jusqu'à la production des tiges fructifères. L'emploi de cette méthode n'est pas sans présenter des difficultés. Tous ceux qui se sont occupés de cultures de spores savent combien il est malaisé d'écarter les organismes étrangers, mucédinées, algues, bactéries, de ces cultures lorsque celles-ci doivent être continuées pendant longtemps, et je suis même étonné du petit nombre de cultures mentionnées par l'auteur comme rejetées pour cause d'infection.

Les expériences ont porté sur trois mousses acrocarpes dont la dioïcité est hors de doute et dont l'évolution est relativement rapide, bien qu'elle dure encore plusieurs mois.

Ces trois mousses sont :

Barbula unguiculata;

Bryum argenteum;

Ceratodon purpureus.

L'auteur décrit en détail les précautions qu'il a employées pour obtenir des cultures pures, la composition

du liquide nutritif qui les arrosait, les procédés de stérilisation des milieux de culture, etc.; il expose ensuite la marche et le résultat de ses expériences.

Dans les trois mousses précitées, les spores d'une même capsule donnent naissance à un mélange de protonémas de sexes différents. Les fructifications qui se forment la seconde année sur des tiges ayant fructifié l'année précédente possèdent toujours le sexe de cette tige.

Dans le chapitre suivant, l'auteur se propose d'élucider la question de savoir si les spores sont unisexuées; si elles ne fournissent que des individus de l'un ou l'autre sexe, ou bien si elles sont hermaphrodites, c'est-à-dire si elles fournissent des protonémas donnant naissance à des individus des deux sexes. Enfin, il examine également si le protonéma n'est pas en réalité *neutre*, c'est-à-dire susceptible d'acquérir une polarité sexuelle sous l'influence du milieu ambiant.

Pour éclaircir ces points, l'auteur a dû procéder, avec toutes les précautions de rigueur, à des cultures de spores isolées, poursuivies jusqu'à l'apparition des fructifications.

Le *Ceratodon* étant très sujet à être envahi par les Mucédinées, les expériences ont été faites sur des spores de *Barbula* et de *Bryum*. Il résulte, à toute évidence, de ces expériences que les protonémas sont ou mâles ou femelles, mais ne produisent jamais des organes des deux sexes.

Il restait à déterminer si les protonémas secondaires conservent le sexe de la tige qui leur a donné naissance. Or les nombreuses expériences de l'auteur prouvent qu'il en est bien ainsi; les protonémas provenant de tiges à organes mâles reproduisent des anthéridies, ceux qui se sont formés sur des tiges ayant porté des archégonies reproduisent des archégonies.

Quant à la question des spores *neutres*, c'est-à-dire de l'influence des différents facteurs du milieu ambiant sur l'orientation sexuelle du protonéma, elle est résolue négativement : les circonstances extérieures physiques, les modifications du milieu nutritif, etc., sont sans action sur la sexualité du protonéma.

En résumé, le mémoire envoyé à l'Académie répond entièrement à la question, en ce qui concerne les Muscinées. C'est surtout un travail expérimental, ce dont je le loue. Les expériences nombreuses qu'il renferme paraissent avoir été entourées de tous les soins et de toutes les précautions nécessaires pour leur donner la rigueur scientifique voulue. Je propose donc d'accorder à ce mémoire la médaille d'or et de l'imprimer dans les *Mémoires in-4°*. »

Rapport de M. A. Gravis, deuxième commissaire.

« Je m'associe bien volontiers aux conclusions formulées par le premier commissaire. Par l'ingéniosité de ses expériences et par la critique rigoureuse de ses déductions, l'auteur du mémoire soumis à notre examen a apporté une importante contribution à la solution de la question proposée par l'Académie. »

Rapport de M. Wasmant, troisième commissaire.

« Le travail intitulé : *Recherches expérimentales sur la sexualité des spores chez les Mousses dioïques*, dénote chez son auteur une patience peu commune et un remarquable esprit expérimental. Aussi les conclusions sont-

elles nettes et précises. On peut les résumer comme ceci : 1° les spores d'un même sporogone de Mousse donnent des individus, les uns mâles, les autres femelles; 2° quand une Mousse se propage par voie végétative, tous les individus ont le même sexe que l'individu primitif, quelles que soient les conditions de culture.

On pourrait supposer que la première conclusion est en désaccord avec les observations des zoologistes, d'après lesquelles les individus produits par un œuf qui se divise ont tous le même sexe. Seulement, il faut observer que chez les Animaux la réduction chromatique s'opère lors de la formation des gonocytes, tandis que chez les Bryophytes elle correspond à la naissance des spores. Si vraiment, comme c'est probable, c'est la réduction chromatique qui introduit la variation dans l'ontogénie, on comprend que les individus issus de spores sont de sexes différents, alors que les individus provenant de propagation végétative, où la réduction n'intervient pas, sont semblables.

Il serait intéressant de faire des essais de propagation végétative avec le pédicelle et la paroi du sporogone et surtout avec le tissu sporogène : on obtiendrait ainsi des individus à noyau non réduit, possédant le nombre double de chromosomes. Seraient-ils capables de fleurir, et quel serait leur sexe?

Le travail qui nous est soumis est important non seulement par la rigueur de ses résultats, mais aussi par les nouvelles voies qu'il ouvre à l'expérimentation. Je suis donc heureux de me joindre aux commissaires précédents pour proposer à l'Académie de couronner le mémoire. »

La Classe, adoptant les conclusions des rapports de ses

commissaires, décerne sa médaille d'or, d'une valeur de mille francs, aux auteurs du mémoire : MM. Élie Marchal, conservateur honoraire du Jardin Botanique de l'État, à Gembloux, et Émile Marchal, professeur à l'Institut agricole de l'État, et demeurant tous les deux à Gembloux.

SEPTIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur le développement de l'Amphioxus, spécialement sur la segmentation, la fermeture du blastopore, la genèse de la notochorde, du névraxe et du mésoblaste. On désire voir élucider la question de savoir si le chevauchement que l'on observe, chez l'adulte, entre les organes homodynames de droite et de gauche, est primitif ou secondaire.

*Rapport de M. Édouard Van Beneden,
premier commissaire.*

« Un mémoire portant pour devise : *Natura non facit saltus* a été adressé à la Classe, en réponse à la question de concours formulée comme suit :

On demande de nouvelles recherches sur le développement de l'Amphioxus, spécialement sur la segmentation, la fermeture du blastopore, la genèse de la notochorde, du névraxe et du mésoblaste. On désire voir élucider la question de savoir si le chevauchement que l'on observe, chez l'adulte, entre les organes homodynames de droite et de gauche, est primitif ou secondaire.

Le volumineux manuscrit que la Classe a soumis à notre examen comprend 268 pages in-4°; il est accompagné d'un atlas de 33 planches.

En vue de répondre directement au vœu de l'Académie,

l'auteur a repris *ab ovo* l'étude de l'ontogenèse de l'*Amphioxus*; il a soumis à un nouvel examen les premiers stades de l'évolution, la formation des feuillettes et celle des premiers organes; il n'a pas abordé l'étude des stades avancés du développement. Il a compris que la connaissance de la segmentation doit reposer sur une étude approfondie de l'œuf ovarien; et comme il n'est pas possible de séparer la connaissance de la constitution de l'œuf mûr de celle de l'ovogenèse, intimement liée elle-même à l'organogenèse de l'ovaire, c'est par l'exposé de ses résultats relatifs à la formation des gonades et à l'anatomie de l'ovaire que l'auteur entre en matière.

On ne pouvait guère s'attendre, après les beaux travaux de Boveri, de Neidert et Leiber, après le mémoire tout récent de Zarnik, à des découvertes sensationnelles en ce qui concerne l'organogenèse de l'ovaire. L'auteur n'a pu, sur un grand nombre de points, que confirmer les résultats de ses prédécesseurs. Il a suivi pas à pas l'évolution des glandes sexuelles, depuis le moment où quelques cellules, première ébauche du gonotome de Boveri, se différencient à la partie inférieure des épisomites. D'accord en cela avec les données récentes de Zarnik, il a vu les gonotomes former, à un moment précis, un diverticule saillant dans le myocèle de l'épisomite antérieur, et déboucher, à la manière d'un cul-de-sac glandulaire, dans le myocèle de l'épisomite dont il dérive.

Pour avoir suivi tous les stades de l'évolution de ces diverticules, l'auteur a pu donner une description très claire, malgré leur très grande complication apparente, des dispositifs réalisés dans l'ovaire adulte et déterminer la valeur morphologique des nombreuses couches et des

multiples cavités que l'on connaissait déjà, grâce à des travaux encore récents, dans l'organe arrivé à complet développement.

Il y a lieu d'espérer, après la communication de Goldschmidt, affirmant l'absence de toute cavité péribranchiale dans le nouveau genre *Amphioxides*, que les faits relatifs à l'évolution si particulière des gonades chez l'*Amphioxus* trouveront bientôt leur explication; il est permis, dès à présent, de s'attendre à voir établir l'existence de Chordés éliminant directement à l'extérieur, par de multiples orifices, segmentairement rangés le long des flancs, leurs produits urinaires et sexuels.

Au cours de son exposé, l'auteur conteste la persistance, affirmée par Burchardt, des pédicules qui, au début, rattachent les jeunes gonades à la paroi postérieure des chambres génitales; il n'a pu découvrir aucune trace des *Arteriae metamericæ parietales inferiores* qui, d'après Burchardt, traverseraient les pédicules. Il décrit, après les stades de *cupule* et de *fer à cheval* admis par ses prédécesseurs, un stade qu'il appelle *médusiforme*; peut-être vaudrait-il mieux dire *médusoïde*; contrairement à ce qui a été affirmé, la veine cardinale et, partiellement du moins, les veines ovariennes sont pourvues d'un endothélium. Des éléments musculaires n'existent pas seulement dans les enveloppes périovariennes, mais aussi dans les parois folliculeuses, où ils rayonnent autour d'un point, qui est très probablement le lieu de déhiscence des ovisacs. L'auteur donne à ces points le nom de *cicatricules*.

Dans le chapitre qu'il consacre à l'ovogenèse, l'auteur signale la découverte, tant chez de jeunes sujets que chez les adultes, immédiatement après la ponte, de noyaux

présentant tous les caractères du synapsis. Il en résulte :

1° Que chez l'Amphioxus, l'ovogenèse s'accomplit en trois périodes, correspondant aux trois périodes que j'ai le premier distinguées dans la spermatogenèse de l'Ascaride mégalocéphale et qui paraissent s'accomplir aussi bien dans l'ovogenèse que dans la spermatogenèse de tous les animaux : une période de formation, une période d'accroissement ou de maturation et une période de multiplication. Le synapsis, caractéristique de la période de maturation des ovocytes de premier ordre, présuppose une période de formation et prépare les divisions dites réductionnelles, distinctives de la troisième;

2° Chez l'Amphioxus, l'ovogenèse ne s'accomplit pas seulement dans le jeune âge : elle est périodique, une nouvelle génération d'ovules prenant naissance après chaque ponte.

Les stades successifs de la période d'accroissement sont décrits avec minutie; les caractères de structure du corps ovulaire, de la vésicule et du corpuscule germinatifs sont analysés avec le plus grand soin.

La répartition du deutoplasme aux phases successives de l'ovogenèse démontre à l'évidence le caractère télolécithique de l'œuf, et en outre sa bipolarité.

Van der Stricht et Sobotta ont établi qu'il se forme successivement deux globules polaires chez l'Amphioxus; mais les détails de la genèse du premier globule sont peu connus. L'auteur a eu la bonne fortune de rencontrer divers stades de la division de l'oocyte de premier ordre; il les décrit et les figure, sans avoir pu, toutefois, résoudre la question de l'origine des groupes chromatiques, très probablement quaternes, et, à ce qu'il semble, au nombre de douze, qu'il distingue au stade de la métakinèse. Il incline à penser qu'ils procèdent de

l'enveloppe chromatique de la tache germinative, sans cependant apporter de preuves décisives en faveur de cette opinion, qui me paraît fort improbable. Conformément aux observations de Van der Stricht et de Sobota, le premier globule polaire se sépare de l'oocyte de second ordre en s'entourant d'une partie de la membrane ovulaire, à la face externe de laquelle il reste fixé, comme s'il était un élément extraovulaire.

Le premier globule polaire est loin de présenter des dimensions constantes : il atteint parfois une grande taille, comme chez des Polyclades observés par M. P. Francotte, et présente, alors surtout, une constitution dont l'identité avec celle de l'œuf est particulièrement frappante. Le premier globule polaire peut parfois se diviser en deux ootides rudimentaires, ce qui n'avait pas encore été constaté chez l'Amphioxus.

Dès avant la ponte, l'œuf est pourvu d'un second fuseau de direction.

A. Kowalewsky et Hatschek ont prétendu que l'Amphioxus pond ses œufs par la bouche. L'auteur, confirmant en cela l'opinion de Willey, de Wilson, de Van der Stricht et de Sobotta, conteste cette manière de voir : les œufs sont toujours et exclusivement expulsés par le pore abdominal. Mais comment des observateurs de premier ordre ont-ils pu s'y tromper ? L'auteur a observé que les œufs pondus, disséminés dans l'eau du cristallisoir dans lequel on a placé les femelles, sont amenés en grand nombre au voisinage de la bouche par le courant respiratoire. Quand ensuite l'animal se contracte brusquement, le courant d'eau, sortant par la bouche, projette au loin les œufs accumulés au pourtour des cirrhes buccaux, d'où l'illusion d'une expulsion par l'orifice buccal. C'est bien

certainement là l'explication de la méprise commise par Kowalewsky et par Hatschek.

Le mode de formation, le nombre et la valeur des membranes ovulaires ont donné lieu à des discussions et à des controverses. Il ressort clairement des observations très précises de l'auteur anonyme qu'une première membrane prend naissance, préalablement à la ponte et à la formation du premier globule polaire, aux dépens de la couche corticale du protoplasme. D'après la nomenclature généralement admise, cette mince membrane, refoulée par le premier globule polaire, apparaissant préalablement à la troisième période de l'ovogenèse, est une membrane vitelline typique. C'est à tort, à mon avis, que l'auteur l'appelle « première membrane périvitelline ». Ce nom de membranes périvitellines a été créé par moi pour désigner les membranes ou les couches, plus ou moins consistantes, parfois fluides, dont la genèse coïncide avec celle des globules polaires.

Une seconde membrane, beaucoup plus épaisse, paraît procéder de la confluence de boules claires qui, dès le début de l'ovogenèse, apparaissent à la périphérie du vitellus, immédiatement en dedans de la membrane vitelline.

Cette seconde membrane, interposée entre le premier et le second globule polaire, l'auteur l'appelle seconde membrane périvitelline. Quant à une troisième membrane, qui resterait appliquée à la surface du corps ovulaire, elle me paraît fort problématique et ne pourrait, en aucun cas, mériter le nom de « membrane vitelline ».

L'auteur décrit sommairement et figure une série de stades de formation du second globule polaire. Ses observations sont intéressantes en ce qu'elles semblent établir l'absence de corpuscules centraux aux pôles du

second fuseau de direction et qu'elles démontrent, d'autre part, l'existence d'un corpuscule intermédiaire très apparent, au moment où s'achève la seconde division, dite réductionnelle.

La pénétration du spermatozoïde au pôle végétatif est confirmée par les nouvelles observations consignées dans le mémoire de concours; mais il ne fournit ni sur la formation du pronucleus mâle, ni sur celle du pronucleus femelle, ni sur l'évolution de la première figure dicentrique, d'observations dignes d'être signalées.

Toutes les recherches dont je viens de rendre compte sont relatives à des phénomènes préalables au début de l'ontogenèse. Avec le chapitre intitulé : « De la symétrie de l'œuf », l'auteur entre en plein dans l'exposé des faits qui constituent la partie principale de son mémoire, celle qui répond directement à la question mise au concours par l'Académie. Il cherche à établir la symétrie bilatérale de l'œuf fécondé et à démontrer que le plan de symétrie de la cellule, qui représente potentiellement la larve future, se confond avec le plan médian de l'ootide non fécondé. Il établira ultérieurement, par une étude approfondie des stades successifs de la segmentation et de la gastrulation, que le plan de symétrie de l'œuf fécondé se maintient durant tout le cours de la segmentation, qu'il devient le plan médian de la larve et par conséquent de l'adulte. On savait qu'il en est ainsi chez d'autres animaux; j'ai été le premier à le démontrer, en ce qui concerne les Ascidies, dans un travail publié en collaboration avec M. Ch. Julin; mais on ignorait totalement que l'*Amphioxus* se comporte, à cet égard, exactement comme les Ascidies.

Si l'auteur a pu en faire la démonstration, il le doit à la richesse et à l'excellence du matériel qu'il a préparé

à Naples et à Faro; à la critique à laquelle il a soumis les innombrables méthodes de fixation qu'il a essayées et à un procédé opératoire des plus ingénieux, qui est appelé à rendre, dans les études embryologiques, des services inestimables. Cette méthode permet d'orienter les œufs d'une manière parfaite et de les fixer dans une position voulue, soit pour les monter ensuite *in toto*, soit pour les débiter ultérieurement en coupes sériees. La difficulté d'orienter exactement les œufs et les jeunes larves, reconnue par tous les auteurs qui se sont occupés du développement de l'*Amphioxus*, a été, de l'aveu de tous, l'obstacle le plus considérable aux progrès de nos connaissances sur les premiers phénomènes du développement de cet animal. Grâce à sa technique, longuement décrite dans son mémoire, l'auteur peut, à coup sûr, non seulement couper un œuf non segmenté, ou arrivé à l'une quelconque des phases de la segmentation, suivant un plan déterminé, mais il peut enchâsser simultanément plusieurs, voire même un grand nombre d'œufs, tous arrivés au même stade de la segmentation par exemple, de façon à les sectionner tous, soit perpendiculairement, soit parallèlement au plan de symétrie, et à obtenir, par un même coup de rasoir, une coupe de chaque œuf, faite à un niveau uniforme, le même pour tous; dans ces conditions, toutes les séries de coupes deviennent parfaitement comparables. Il a pu, grâce à cette méthode, non seulement étudier avec la minutie et la rigueur que cette étude réclame aujourd'hui, les phénomènes externes de la segmentation, mais déterminer, pour chacun des blastomères d'un même stade, la structure du noyau, sa position exacte, la phase de la mitose qu'il réalise. Je ne pense pas qu'aucune recherche aussi complète ait été faite

jusqu'ici sur la segmentation d'aucun animal; je ne connais dans la littérature scientifique aucun travail qui dépasse, au point de vue de la perfection de la technique, le mémoire soumis à notre examen.

L'auteur démontre que la segmentation décrite comme radiaire et synchrone par Hatschek, qui serait tantôt radiaire, tantôt bilatérale, tantôt spirale, s'il fallait en croire Wilson et Samassa, est au contraire essentiellement bilatérale : 1° Le plan méridien qui sépare entre eux les deux premiers blastomères se maintient, en tant que plan de symétrie, à tous les stades de la segmentation et devient le plan médian de la larve et de l'adulte; 2° La segmentation est inégale à partir du passage du stade à deux au stade à quatre blastomères; 3° L'axe ovulaire, reconnaissable à toutes les phases de la segmentation, ne se confond pas avec l'axe antéro-postérieur de la larve : il forme avec ce dernier un angle aigu, étant dirigé de haut en bas et d'arrière en avant, par rapport à l'axe antéro-postérieur de la gastrula; 4° Il n'y a pas de synchronisme dans la segmentation : les divisions des micromères précèdent, à tous les stades, celles des macromères, ce qui revient à dire que, dans les rangées méridiennes, les dimensions des blastomères sont d'autant plus réduites et la rapidité de leurs divisions d'autant plus grande que l'on considère des globes plus voisins du pôle animal; en outre, dans les rangées latitudinales, les dimensions des blastomères vont en diminuant et la rapidité de la segmentation en augmentant de la face postéro-ventrale à la face antéro-dorsale; 5° Contrairement aux affirmations de Mac Bride, les limites cellulaires sont on ne peut plus nettes, tant au stade gastrula que chez la blastula, à la condition que les objets

aient été fixés par une bonne méthode. Tout le travail de Mac Bride témoigne de la mauvaise conservation du matériel qui a servi à ses études.

Je ne puis, sous peine d'étendre outre mesure les limites de ce rapport, exposer ici les divergences de vues qui règnent entre les auteurs en ce qui concerne la gastrulation et la fermeture du blastopore.

Qu'il me suffise de dire que, de l'aveu unanime, ces contradictions dépendent, en grande partie, de l'impossibilité de donner aux larves une orientation fixe et constante, en l'absence de tout point de repère invariable. Ce point de repère, l'auteur l'a trouvé dans le second globule polaire qui, à tous les stades de la segmentation, marque l'extrémité animale de l'axe ovulaire; il a démontré la persistance de ce globule aux stades blastula et gastrula. Ce fait ayant été reconnu, l'auteur a monté, en préparations microscopiques permanentes, de nombreuses séries de larves toutes orientées de façon identique, permettant les unes un examen *in toto*, d'autres, éclaircies au préalable, l'analyse en coupes optiques. D'autres séries ont été débitées en coupes réelles, faites suivant une direction déterminée, la même pour tous; les unes ont été coupées exactement suivant le plan sagittal; d'autres perpendiculairement à l'axe ovulaire; d'autres normalement à l'axe antéro-postérieur futur.

Il n'est pas facile, en se fondant sur le texte de l'auteur, de formuler sommairement les conclusions qui se dégagent de ses longues et minutieuses recherches sur la gastrulation. Je me borne à signaler les faits suivants : 1° Dans la blastula bilatérale, il y a lieu de distinguer une partie antéro-dorsale plus étendue et formée de cellules plus petites et une partie postéro-ventrale moins

considérable, dans les limites de laquelle les blastomères sont plus volumineux. La première forme l'ectoblaste, la seconde l'endoblaste de l'auteur; 2° La gastrulation tient à la fois de l'embolie et de l'épibolie; elle amène au plancher et aux côtés de la cavité archentérique l'endoblaste de la blastula; 3° L'invagination ne se fait pas tout d'une pièce : elle se produit successivement. Elle débute par une encoche, apparaissant à la face dorsale, entraînant la formation d'une lèvre blastoporique antérieure ou dorsale, alors que les lèvres latérales sont à peine indiquées, et que la postérieure ou ventrale manque encore totalement. L'invagination gagne de proche en proche d'avant en arrière; en même temps se marquent progressivement les lèvres latérales et, enfin, la lèvre postéro-ventrale du blastopore.

De même la disparition de la cavité de segmentation est progressive : elle se maintient en dernier lieu dans la lèvre postéro-ventrale.

De même encore se modifient progressivement l'étendue, la forme et la position de l'orifice d'invagination. Sa formation et son occlusion procèdent d'avant en arrière; ce n'est que tardivement que l'orifice réduit se localise à l'extrémité postéro-dorsale de la larve. La fermeture du blastopore est le résultat de l'extension de toutes les lèvres blastoporiques; la lèvre antérieure ou dorsale y joue un rôle prédominant; elle s'accroît rapidement d'avant en arrière. La lèvre postérieure ou ventrale gagne relativement très peu d'abord d'avant en arrière, puis se relève de bas en haut; les lèvres latérales contribuent inégalement, dans leurs diverses régions, au rétrécissement de l'orifice : les parties de ces lèvres qui avoisinent la lèvre antérieure participent fortement à

l'accroissement de la voûte de l'archenteron, donc à l'occlusion du blastopore; mais plus les parties sont rapprochées de la lèvre ventéro-postérieure, moins est importante la part qui leur est dévolue dans l'édification du dos de l'embryon.

L'auteur démontre qu'à la gastrulation se rattache une extension progressive de l'ectoblaste pendant et après l'invagination gastrulienne.

Cette extension, que l'auteur appelle à tort ou à raison une épibolie, détermine la réflexion de l'ectoblaste aux bords de l'orifice blastoporique. Il en résulte que les lèvres en voie d'extension, pendant l'occlusion de cet orifice, sont formées par l'ectoblaste accolé à lui-même. Ce sont ces lèvres exclusivement formées, tant en dehors qu'en dedans, par l'ectoblaste, qui viennent former la voûte de l'archentéron et, par conséquent, l'ébauche des organes médians du dos de l'embryon.

L'auteur en conclut qu'il se produit, suivant la ligne médio-dorsale, un phénomène de concrescence : la voûte de l'archentéron se constitue non seulement aux dépens de la lèvre antérieure, mais aussi des lèvres latérales du blastopore. Après que les matériaux constitutifs des lèvres latérales ont été employés à l'extension de la voûte archentérique et que l'orifice blastoporique, tout en se rétrécissant, a reculé vers l'arrière, l'accroissement de la paroi dorsale de l'embryon continue à se faire aux dépens de la lèvre blastoporique postéro-ventrale; en d'autres termes, c'est au pourtour du reste de l'orifice d'invagination, devenu canal neurentérique, que l'on doit localiser la zone d'accroissement de l'embryon en longueur.

Genèse de la notochorde. L'auteur cherche à établir l'origine ectoblastique de cet organe et sa forme annulaire. L'anneau, très élargi en avant, comme dans une bague chevalière, se continue sur les côtés de l'orifice blastoporique pour se compléter dans la lèvre postéro-ventrale. L'ébauche primitive s'accroît en longueur par concrescence des parties latérales qui se trouvent à droite et à gauche de l'orifice d'invagination et ultérieurement aux dépens de l'ectoblaste invaginé dans la lèvre postérieure du blastopore.

Le névraxe, comme la notochorde, se forme et s'allonge par concrescence de parties latérales. On ne peut dire qu'il en est fait une démonstration complète, pas plus pour le névraxe que pour la notochorde; mais tout au moins l'auteur rend très probable cette manière de voir, conforme aux conclusions que nous avons tirées jadis, M. Julin et moi, de nos recherches sur le développement des Ascidies. Le mot concrescence, il est vrai, n'est pas employé dans notre travail; mais nous avons établi deux points : la forme en croissant des deux ébauches superposées et la genèse du névraxe et de la notochorde aux dépens de deux moitiés latérales et symétriques. En cela encore, l'Amphioxus se comporterait donc comme les Ascidies. Le point resté douteux, chez les Ascidies, de savoir si les ébauches de la notochorde et du névraxe constituent des anneaux complets, entourant le blastopore non seulement en avant et sur les côtés, mais aussi en arrière, est résolu par l'affirmative chez l'Amphioxus.

L'auteur a pu établir de façon certaine et définitive que, contrairement aux observations de Kowalewsky et

de Hatschek, et conformément aux données de Samassa, l'occlusion de la gouttière médullaire par extension de la plaque épidermique ne procède pas de la lèvre postérieure du blastopore, mais bien des bords droit et gauche de la plaque médullaire. Ce n'est qu'à une époque relativement tardive que la voûte épiblastique de la gouttière se complète de façon à recouvrir l'orifice externe du canal neurentérique. L'étude minutieuse des préparations conduit l'auteur à la conclusion que le processus de chevauchement, qui se produit d'abord aux côtés droit et gauche de la plaque médullaire, en avant du blastopore, s'accomplit aussi, mais plus tard seulement, aux côtés et en arrière de cet orifice. Des cellules, à caractère épiblastique, siégeant aux côtés et en arrière de l'orifice, sous l'épiderme soulevé, représentent aux yeux de l'auteur la zone d'accroissement du névraxe.

Écartant systématiquement la discussion des hypothèses émises pour l'interprétation des faits relatifs à la genèse du mésoblaste, peu disposé même à se livrer à l'examen des questions théoriques que soulève l'étude des premiers phénomènes du développement, pour s'en tenir à l'exposé des faits que lui a révélés l'étude objective de ses préparations, l'auteur se borne, en ce qui concerne la formation du feuillet moyen, à exposer les résultats auxquels il est arrivé sur les trois points suivants :

1° La formation du mésoblaste dans ses rapports avec l'orifice d'invagination ; 2° l'entérocoelie ; 3° l'alternance des segments ou le chevauchement des parties homodynames de droite et de gauche.

Sur le premier point, l'auteur, d'accord avec tous ceux qui ont étudié, après Hatschek, le développement de

l'Amphioxus, n'a pu trouver aucune trace des deux cellules originelles du mésoblaste, décrites et figurées par ce dernier auteur. Il reconnaît l'impossibilité de rapporter plutôt à l'ectoblaste qu'à l'endoblaste les bandes cellulaires longitudinales, aux dépens desquelles se forment les ébauches mésoblastiques : c'est qu'il existe en fait un passage insensible de l'endoblaste à l'ectoblaste invaginé pour former l'ébauche notochordale. Mais il faut bien admettre que les cellules aux dépens desquelles va se former le mésoblaste siègent en deux bandes latérales, l'une droite et l'autre gauche, entre la notochorde et l'hypoblaste lutur, et, dès lors, en raison des faits précédemment mis en lumière, on peut distinguer ici, comme chez les Vertébrés, un mésoblaste archentérique et un mésoblaste prostomial.

2° En ce qui concerne l'entérocoëlie, l'auteur se range à l'avis de Kowalewsky, de Hatschek et de Samassa, contredit à tort par Lwoff. Tous les auteurs ont constaté, dans l'étendue des cavités mésoblastiques primitives, une différence entre les deux premières vésicules coelomiques et les suivantes. Comme Kowalewsky, Hatschek et Samassa, l'auteur anonyme a vu que les deux premiers saccules possèdent des cavités relativement considérables et que ces cavités sont permanentes. Il reconnaît, avec Lwoff, que les suivantes, à partir de la troisième, n'ont, au moment de leur formation, qu'une fente virtuelle; mais l'arrangement régulier des cellules en couches épithéliales permet encore de reconnaître qu'il s'agit bien là de duplicatures de l'épithélium qui, dès le début, délimite de toutes parts l'archentéron. Il en conclut au caractère entérocoëlien de tout le mésoblaste. Il a vu, comme Hatschek, qu'il se forme relativement tard une

paire de diverticules en avant de la paire qui prend naissance en premier lieu. Cette première paire de saccules est pourvue de cavités réelles et permanentes.

Ces trois premières paires sont, pour l'auteur, l'équivalent du mésoblaste archentérique des Vertébrés; celles qui se forment aux dépens de la zone d'accroissement et qui n'ont, au début, qu'une fente virtuelle, représentent ensemble le mésoblaste prostomial.

3° Pour résoudre la question de savoir si l'asymétrie tardive de position que Hatschek et Lwoff ont reconnue entre les protosomites de droite et de gauche, est primitive ou secondaire, l'auteur n'a pu disposer que de larves à 5, 6, 7, 8 et 9 paires de segments primordiaux. L'étude minutieuse de ce matériel l'a conduit à cette conclusion que, à part les deux premiers protosomites, qui, à tous les stades, paraissent bien symétriques, l'asymétrie qui se montre pour les suivants est primitive, et non secondaire, comme le pensaient Hatschek et Lwoff. Le côté gauche se montre constamment un peu en avance sur le côté droit.

Après cette analyse trop longue, et cependant incomplète, je conclus :

L'auteur apporte, en réponse à la question posée, un ensemble imposant d'observations personnelles, constituant, tant en raison de leur nombre que de leur précision et de leur caractère de certitude, une contribution très importante à l'histoire de l'Amphioxus. Ce qui en fait la valeur, c'est tout d'abord l'abondance et la parfaite conservation du matériel employé; c'est ensuite et surtout la mise en pratique d'une méthode sûre, permettant d'orienter exactement les œufs et les larves, dans des positions qui les rendent comparables, qu'il

s'agisse d'en faire l'étude *in toto*, ou de les résoudre en coupes sériées. Comme je l'ai dit plus haut, je ne pense pas que rien de plus parfait ait été réalisé jusqu'ici, au point de vue de la technique, en matière d'embryologie. L'organogenèse de l'ovaire, l'ovogenèse, la structure de l'œuf mûr avant et après la fécondation, la segmentation, la gastrulation, la genèse de la notochorde, du névraxe et du mésoblaste sont successivement étudiées, non pas en vue de décider du degré de probabilité des hypothèses ou des théories émises à propos de chacune de ces questions, mais dans le but exclusif d'apporter à leur solution de nouvelles observations, marquées, dans les limites du possible, au coin de l'exactitude et de la précision. Le mémoire constitue donc une réponse adéquate à la question mise au concours. Il enrichit la science de quantité de faits qui serviront à résoudre bien des questions fondamentales encore controversées aujourd'hui en embryologie.

L'ouvrage est rédigé avec ordre et méthode. Il est accompagné d'un atlas de trente-trois planches admirablement dessinées.

Je propose à la Classe :

1° De couronner l'auteur du mémoire en lui décernant le prix attaché à la solution de la question posée;

2° De décider l'impression du manuscrit dans les *Mémoires* in-4° et la reproduction des planches. Il me paraît toutefois que le nombre des planches pourrait être réduit dans de notables proportions : beaucoup de figures sont dessinées à trop grande échelle, un certain nombre d'entre elles pourraient être supprimées sans inconvénient. Je me mets à la disposition de la Classe pour m'entendre à ce sujet avec l'auteur.

La reproduction des planches ne serait donc décidée qu'en principe, et la Classe serait appelée à se prononcer ultérieurement en fait, après que je me serais mis d'accord avec l'auteur pour la réduction du nombre de ses planches. »

Rapport de M. Van Bambeke, deuxième commissaire.

« Le rapport dont nous venons d'entendre la lecture donne une idée très exacte du mémoire soumis à notre examen et permet d'en apprécier la valeur. Pour ces motifs, je puis me borner à me rallier aux conclusions du premier rapporteur, sans insister, à mon tour, sur le contenu du mémoire. »

Rapport de M. F. Plateau, troisième commissaire.

« Je me joins à mes savants confrères MM. Van Beneden et Van Bambeke pour proposer à la Classe d'accorder le prix à l'auteur du beau travail envoyé en réponse à la question. »

La classe adoptant les conclusions des rapports de ses commissaires, décerne sa médaille d'or, d'une valeur de *mille francs*, à l'auteur du mémoire, M. Paul Cerfontaine, chef des travaux zoologiques et embryologiques de l'Université de Liège.

PRIX PERPÉTUELS.

—

PRIX CHARLES LEMAIRE

EN FAVEUR DES QUESTIONS RELATIVES AUX TRAVAUX PUBLICS.

(Septième période : 1^{er} juillet 1903 au 30 juin 1905.)

*Rapport des Commissaires délégués à Messieurs les Directeur,
Secrétaire perpétuel et membres de la Classe des sciences
de l'Académie royale de Belgique.*

MESSIEURS,

Vous faites de nouveau, à deux d'entre nous, l'honneur de vous aider à choisir entre les ouvrages que des auteurs ont présentés à la Classe des sciences dans le but d'obtenir le prix Charles Lemaire attribué à la période de 1903-1905.

Vous avez désigné un troisième commissaire délégué, notre collègue M. Dufourny, afin qu'il collabore aussi à votre œuvre (1).

C'est la quatrième fois que vous y conviez des membres du Corps des Ponts et Chaussées, la période 1901-1903 n'ayant donné lieu à l'envoi d'aucun mémoire.

(1) Le jury était composé de MM. Van der Mensbrugghe, président; Dufourny, ingénieur en chef directeur des Ponts et Chaussées; Lambin, ingénieur principal des Ponts et Chaussées; Massau; Lagasse-de Locht, inspecteur général des Ponts et Chaussées, président de la Commission royale des Monuments, *rapporteur*.

Il est utile de rappeler, à ce propos, le texte même du testament mystique de M^{lle} Lemaire en date du 28 novembre 1890, fondant un prix à la mémoire de son frère, ancien ingénieur des Ponts et Chaussées :

« Je donne à l'Académie des sciences de Belgique la » somme de 25,000 francs pour que les revenus en » soient affectés à la formation d'un prix qui sera » décerné, tous les deux ans, sous le nom de Charles » Lemaire, à l'auteur du meilleur mémoire publié sur » des questions relatives aux travaux publics. »

Depuis 1893, année où s'est ouvert le premier concours pour le prix Charles Lemaire, une période s'est rencontrée, de 1905 à 1905 (nous venons de le rappeler), pendant laquelle aucun mémoire n'a été adressé à l'Académie.

Durant les autres périodes, peu de travaux ont été présentés; encore n'étaient-ils point, à de rares exceptions près, d'une importance majeure.

Cependant, depuis les dix dernières années surtout, l'art et la science de l'ingénieur, de l'architecte et du constructeur ont fait des progrès très importants.

N'en citons que quelques-uns : d'abord, les procédés nouveaux employés pour les fondations, tels le système de fondation par compression du sol, l'emploi des grands caissons en béton servant à former la base du môle du port de Zeebrugge; puis, les applications, extrêmement nombreuses et diverses, d'un matériau aussi remarquable que le béton armé; enfin, la transformation complète des chantiers publics par suite de l'introduction des instruments de levage, de bardage et de pose que la force électrique, puissante et souple, meut d'une façon merveilleuse, inouïe, dépassant de loin et l'habileté de

la main la plus experte et les énergies unifiées d'un grand nombre d'ouvriers de choix.

Il y a bien d'autres progrès encore qu'il est inutile de passer ici en revue. C'est presque un lieu commun d'énoncer cette affirmation résultant de l'observation d'un grand nombre de faits : rien n'est impossible désormais aux ingénieurs civils et militaires, pourvu que l'argent ne leur manque point.

Puisqu'il en est ainsi, nous avons le devoir d'appeler l'attention des futurs concurrents du prix Lemaire sur l'importance que présente un tel concours au point de vue de la mise en lumière de leurs créations pratiques.

Sans doute, les auteurs de celles-ci n'ont souvent ni les loisirs ni les facilités de se transformer en écrivains pour faire de longs et détaillés mémoires sur leurs découvertes. Aussi avons-nous l'honneur de proposer à la Classe des sciences d'interpréter largement les termes de la donation Lemaire, et de nous permettre dorénavant de considérer comme concurrents ceux qui signaleraient leurs études, leurs expériences, leur pratique concernant *des questions relatives aux travaux publics* par un simple rapport, bref et précis, adressé au Secrétaire perpétuel de l'Académie royale de Belgique.

Nous appliquerons à tout rapport de ce genre ce que nous écrivions déjà en 1897 (1) et ce que nous rappelions en 1899 (2) au sujet du prix Lemaire. Il convient que « ces mémoires soient conçus dans un réel caractère » scientifique. On peut donc conclure que ces mémoires

(1) Voir *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3^e sér., t. XXXIV, n^o 12, pp. 1104-1111, 1897.

(2) *Ibid.*, n^o 12, p. 760, année 1899.

» seront d'autant plus dignes du prix qu'ils s'appliquent d'une manière plus étendue aux différentes branches des travaux publics et qu'ils offriront, à cet égard, des vues plus originales. »

Voici un second point sur lequel nous croyons devoir appeler l'attention de la Classe.

Selon nous, il convient d'interpréter le texte prérapporté, extrait du testament de M^{me} Lemaire, comme suit : il suffit qu'un auteur fasse rapport sur des travaux effectués pendant une période biennale. Point ne faut qu'il y ait coïncidence *absolue* entre cette période et celle pendant laquelle le concurrent du prix Lemaire aura dû opérer pour obtenir les résultats soumis au jugement de l'Académie.

PREMIER CHOIX.

Ces prémisses établies, il n'y a qu'un travail à retenir.

Avant de l'examiner, arrêtons-nous, un instant, aux autres mémoires présentés.

EXAMEN DE DIVERS MÉMOIRES.

I. — *La construction et l'entretien des chaussées en empierrement*, par Cyrille Jansens, conducteur des Ponts et Chaussées. C'est un travail intéressant, dû à un bon praticien, animé d'un solide esprit de recherche. Mais il n'y a pas lieu de s'y arrêter plus qu'à *La construction et l'entretien des routes* présenté par le même auteur pour la période 1897-1899.

II. — *Les pavés artificiels et la fabrication des briques*

au moyen du schiste, du même, constitue une courte et curieuse monographie qui ne saurait retenir l'attention de l'Académie.

III. — *Le tunnel du Simplon*, par G. de Fooz.

Mémoire consciencieux, donnant la description détaillée et approfondie des moyens d'exécution de ce grand et bel ouvrage. Monographie d'une plus haute valeur que la précédente; mais ce n'est qu'une monographie objective, où la personnalité distinguée de l'auteur ne trouve pas l'occasion de se témoigner d'une façon suffisamment nette et subjective.

LES MÉMOIRES MIS A PART.

IV. — Les travaux de M. Émile Camerman, ingénieur-chimiste des chemins de fer de l'État, intitulés :

a) *Résistance des matériaux hydrauliques à la mer* (octobre 1901);

b) *Résistance des mortiers hydrauliques à la mer* (août 1904);

c) *Contribution à l'étude des mortiers* (avril 1905), forment un bel ensemble où l'esprit scientifique de l'auteur trouve à se déployer d'une façon judicieuse.

Dans sa *Résistance des matériaux hydrauliques à la mer*, l'auteur reproduit et confirme, par ses propres expériences, les essais et la thèse du Dr Michaëlis, de Berlin, sur la tenue des mortiers hydrauliques dans l'eau de mer. Essais et thèse d'une grande importance pratique puisqu'ils tendent à démontrer l'utilité de substituer, à la mer, le mortier de trass-ciment aux mortiers soit de ciment, soit de trass-chaux.

Dans sa *Résistance des mortiers hydrauliques à la mer*, M. Camerman, dégageant sa personnalité de celle du Dr Michaëlis, ajoute sa propre part à celle du maître pour affirmer, de plus en plus, le bien fondé des travaux de ce dernier. Après une savante discussion des vues et des recherches de MM. H. Le Chatelier, professeur à l'École des mines de Paris; Rebuffat, professeur à l'École des ingénieurs de Naples; Magnard, chef du laboratoire d'essais de La Rochelle, et Feret, chef du laboratoire de Boulogne-sur-Mer, il conclut comme suit :

« L'emploi de ciment à la mer ne nous paraît donc » plus à redouter comme jadis; les additions de trass » ou d'autres matières pouzzolaniques choisies sont de » nature à corriger dans une très large mesure la défec- » tuosité résultant de ses éléments constitutifs. »

La *Contribution à l'étude des mortiers* (1905) couronne dignement les travaux d'analyse de l'auteur au laboratoire de l'État, à Malines, concernant les mortiers, dont il énonce les six propriétés fondamentales : compacité, pauvreté en chaux (richesse en silice), lenteur de prise, plasticité, faible prix de revient, haute résistance.

Il y examine, d'une façon approfondie et pratique, les éléments constitutifs et la composition des mortiers. Il en déduit des conclusions très sages que leur étendue (pp. 49-53) ne nous permet pas de reproduire ici.

Bornons-nous à mentionner qu'il ramène les mortiers à trois types principaux, entre lesquels s'en intercalent d'autres. Ces types sont :

1. Le mortier de chaux hydraulique composé de 1 mètre cube de chaux deuxième et troisième qualité du Tournaisis et de 1 mètre cube de sable offrant, à l'air,

après vingt-huit jours, 5 kilogrammes par centimètre carré de résistance à la traction.

2. Le mortier de trass bâtard, composé de 1 mètre cube de trass, de 3 mètres cubes de chaux hydraulique deuxième ou troisième qualité et de 2 mètres cubes de sable présentant, à l'air et sous eau, après vingt-huit jours, 10 à 12 kilogrammes par centimètre carré de résistance à la traction.

3. Le mortier de ciment-trass, composé de 350 kilogrammes de ciment, de 200 kilogrammes de trass et de 1 mètre cube de sable offrant, sous eau, après vingt huit jours, une résistance de 15 à 16 kilogrammes par centimètre carré de résistance à la traction.

L'auteur jette un cri d'alarme au sujet des nombreuses habitations particulières bâties aujourd'hui avec des mortiers dont la valeur est inférieure à celle du n° 1 ci-dessus.

Il appelle l'attention de tous les praticiens sur les vices fondamentaux de la préparation prématurée du mortier et sur les négligences, non moins importantes, apportées dans l'extinction des chaux.

CONCLUSION.

Sans doute, durant la période envisagée de 1903 à 1905, des ouvrages ont été réalisés dans la pratique qui appellent l'attention des spécialistes autant sinon beaucoup plus que les recherches patientes et méthodiques de M. Camerman. Mais rien n'a été présenté à l'Académie au sujet de ces ouvrages.

Nous espérons que, nos propositions ci-dessus étant adoptées et livrées à une large publicité, ce fait regrettable ne se reproduira plus.

Sous cette réserve, nous croyons devoir souligner, d'une façon particulière, l'œuvre de M. Camerman, fort intéressante et utile, d'une application très étendue dans les chantiers de travaux publics et privés. Cette œuvre mérite les encouragements de l'Académie.

A ce titre, nous sommes unanimement d'avis qu'il y a lieu d'attribuer le prix Lemaire aux travaux de M. Camerman.

(s.) VAN DER MENSBRUGGHE,
MASSAU.

(s.) CH. LAGASSE-DE LOCHT,
A. DUFOURNY,
A. H. LAMBIN.

Les propositions du jury en ce qui concerne la réelle interprétation à donner au texte du testament de M^{lle} Lemaire, ainsi que les conclusions du rapport sont adoptées par la Classe.

Des remerciements sont votés à MM. Lagasse-de Loch, Dufourny et Lambin, qui ont bien voulu, comme membres du Corps des Ponts et Chaussées, apporter leur précieux concours pour le jugement du prix Lemaire à décerner en 1903.

PRIX CHARLES LAGRANGE.

PHYSIQUE DU GLOBE.

Rapport de M. C. Le Paige, premier commissaire.

« L'Académie a reçu, pour prendre part au prix fondé par notre savant confrère M. Ch. Lagrange, deux mémoires qui, bien que traitant de questions en apparence très différentes, apportent tous deux, à des degrés divers, une contribution importante à l'étude d'un même problème : celui de la constitution de la Terre.

Le premier est dû à M. O. Hecker, et a pour titre : *Bestimmung der Schwerkraft auf dem Atlantischen Ocean.*

Pour obtenir, à l'aide d'un baromètre à mercure, la valeur de la pression atmosphérique et en déduire des mesures comparables entre elles, il est nécessaire, comme on sait, d'appliquer aux résultats obtenus immédiatement une correction qui dépend de la valeur, au point où sont faites les observations, de la constante de la gravité.

Afin de déterminer la valeur de cette correction, von Wullerstorff Urbair proposa, en 1866, de mesurer la pression atmosphérique par deux méthodes : l'une qui exigerait le calcul de la correction, l'autre qui en serait indépendante; l'emploi simultané d'un baromètre à mercure et d'un anéroïde aurait conduit à ce résultat si les indications de l'anéroïde pouvaient être utilisées avec confiance. Il suffit de se rappeler combien d'éléments influent sur la force élastique du ressort, fondement du

mécanisme de l'anéroïde, pour comprendre que, pratiquement, le procédé devait conduire à des résultats illusoires.

En 1880, M. Mascart proposa, dans le même but, l'emploi du baromètre-balance.

Plus tard, en 1894, M. Ch.-Ed. Guillaume, le savant directeur adjoint du Bureau international des poids et mesures, fit ressortir l'utilité de la comparaison des indications du baromètre à mercure à celles de l'hypsomètre.

C'est à l'éminent professeur de Christiania, M. Mohn, directeur de l'Institut météorologique norvégien, que l'on doit les premières tentatives couronnées de succès dans cette direction. Pour obtenir des résultats susceptibles d'application, la température du point d'ébullition de l'eau devait être déterminée avec une précision que seuls les progrès réalisés en ces dernières années dans la fabrication du verre et dans l'étalonnage des thermomètres rendaient possibles.

Il est inutile d'analyser dans ce rapport l'étude si importante que M. Mohn a consacrée à l'examen de cette question.

Le problème que s'est posé le savant norvégien est de déterminer avec quelle précision la correction de gravité peut être mesurée en se servant des indications simultanées du baromètre à mercure et de l'hypsomètre, la valeur de g étant connue d'une façon indépendante par des observations du pendule.

La précision du procédé étant établie, le problème inverse pouvait être abordé : Déduire, de la comparaison des mesures de la pression atmosphérique obtenues à l'aide de l'hypsomètre et du baromètre, la valeur de la

correction à apporter à ce dernier et, en comparant cette valeur à son expression théorique, qui dépend de g , calculer la valeur de cette constante.

Sous l'impulsion de M. le Prof^r Helmholtz, le Dr Hecker a entrepris la solution de cette question, et cela dans des conditions particulièrement difficiles.

On sait combien il serait intéressant de déterminer la constante de la gravité sur les océans : la méthode indiquée ouvrait une voie pour l'étude de ce problème.

Mais celui-ci se complique de la difficulté de faire, en mer, des observations barométriques suffisamment exactes. Grâce à une étude approfondie des procédés d'observation, M. Hecker est parvenu à vaincre ces difficultés, au moins dans des limites très suffisantes.

Son travail comporte toute une partie expérimentale ayant pour but de déterminer, par des expériences de laboratoire, l'effet sur le baromètre des divers mouvements qu'imprime à la colonne mercurielle le déplacement du navire. Cette étude comprenait en même temps celle des modifications à faire au baromètre de marine, et aussi la meilleure disposition de suspension. Il fallait en outre se rendre compte très exactement des procédés d'enregistrement photographique, et même les établir pour le but spécialement visé. M. Hecker a fait preuve, dans cette partie de ses travaux, d'un remarquable talent d'expérimentateur.

Des recherches également soignées ont dû être appliquées à la discussion des résultats obtenus à l'aide de l'hypsomètre. Les matériaux d'observation comportent ainsi :

Des déterminations de la température d'ébullition;

Des déterminations simultanées des hauteurs barométriques.

La discussion de ces observations permet d'énoncer cette conclusion :

L'intensité de la pesanteur, dans les parties à grande profondeur de l'océan Atlantique entre Lisbonne et Bahia, est sensiblement normale et correspond à la formule de réduction de Helmert de 1901.

L'hypothèse de Pratt sur la disposition isostatique des masses de la croûte terrestre se trouve ainsi confirmée.

C'est une conclusion importante que M. Helmert a fait ressortir avec raison en présentant à l'Académie de Berlin les résultats du voyage de M. Hecker (1).

Je me borne à cette partie de l'étude qui nous est soumise, étude qui contient, en outre, les résultats de déterminations de la gravité par des observations du pendule.

Le travail de M. Hecker se distingue par une précision remarquable dans la discussion des procédés d'observation que l'auteur a examinés avec le plus grand soin, de manière à tenir compte des causes multiples d'erreur dans des expérimentations aussi délicates. M. Hecker a, par cette analyse des méthodes d'observation, été conduit à des modifications instrumentales qui font honneur à sa sagacité et à son talent d'observateur; la conclusion de son travail est d'une valeur considérable et apporte une contribution d'une haute importance à l'étude de la constitution de la Terre.

(1) Sitzb. Berl. Akad., 1902, p. 126.

Le second travail adressé à l'Académie a pour auteur M. Schweydar, assistant à l'Observatoire astrophysique de Potsdam ; il a pour titre : *Untersuchung der Oscillationen der Lotlinie.*

L'auteur s'est occupé de la détermination des oscillations de la verticale déduites des indications fournies par un pendule horizontal installé à l'Observatoire astrométrique de Heidelberg.

Après une courte notice historique et une description sommaire de l'instrument, M. Schweydar établit les formules qui permettent de déduire des traces enregistrées photographiquement, la valeur de la déviation de la verticale.

Les résultats d'observation dont l'auteur dispose s'étendent du mois de juillet 1901 au mois d'août 1902.

M. Schweydar discute d'une façon détaillée la représentation des déplacements par des développements trigonométriques. Pour y parvenir, il groupe les variations d'après les vingt-quatre heures de la journée, puis par périodes mensuelles, trimensuelles, etc.

La détermination des coefficients du développement fait ressortir, tout d'abord, l'action solaire.

La forme adoptée

$$y_t = m_1 \cos (t - M_1) + m_2 \cos (2t - M_2) + \dots$$

permet de mettre en lumière les périodes d'un jour, d'un demi-jour, etc., à la fois quant à leur amplitude m et quant à leur phase M .

L'auteur rapproche des valeurs de ces coefficients les amplitudes totales de l'écart, la température moyenne,

la durée de l'insolation, la température de la cave, etc.

Les pendules nord et sud conduisent à des résultats différents, au moins quant à l'importance et à la constance des divers termes. La discussion de l'hypothèse d'Ehlerl sur la déformation de la Terre sous l'influence de la chaleur solaire est ensuite faite avec soin, et M. Schweydar, dans cette partie de son travail, présente une démonstration simple et généralisée des formules d'Ehlerl.

En rapprochant l'expression théorique de la déviation de la verticale que produisait cette déformation, des valeurs observées, l'auteur est conduit à expliquer l'importance de la période diurne par des circonstances locales dues à la distribution des montagnes dans le voisinage du Koenigsstuhl.

M. Schweydar discute de la même manière et avec le même soin l'influence de la Lune comme aussi celle de la rotation de la Terre supposée élastique.

Lorsque l'on s'est débarrassé des termes périodiques, il reste à tenir compte des déplacements du 0. Ces déplacements sont représentés par une formule dépendant linéairement de la température et de la pression atmosphérique.

M. Schweydar a, de cette manière, présenté d'une façon très complète la discussion des déviations de la verticale constatées par le pendule double horizontal de Heidelberg.

Il faudrait rapprocher ces recherches de celles qui ont été entreprises dans de nombreux observatoires sur la variation de l'inclinaison du pilier des lunettes méridiennes. Ces recherches décèlent l'existence de termes

annuels (1), diurnes et semi-diurnes (2). On pourrait en dire autant des termes périodiques de la déviation azimutale. Il y faudrait rattacher sans nul doute les résultats que notre regretté confrère M. Folie a fait connaître à l'Académie.

D'autre part, des nivellements de précision, continués pendant une période assez longue à Westend, près de Berlin, par la Section géodésique de l'École supérieure d'agriculture, conduisent à des résultats voisins de ceux que M. Schweydar déduit du déplacement de la ligne de base.

D'autres indications du même genre sont données par le célèbre sismologue anglais, M. Milne (3).

Ce n'est pas le lieu de tenter de présenter une vue d'ensemble sur les résultats obtenus dans cette direction ; si j'ai cru devoir les mentionner en passant, c'est afin d'indiquer l'importance des recherches qu'a poursuivies M. Schweydar.

D'un autre côté, la complexité du problème fait comprendre que l'étude de M. Schweydar ne peut être regardée que comme une contribution à la solution de la question.

Il me paraît donc que, sous le rapport de la valeur des résultats obtenus, le mémoire que j'ai analysé d'abord l'emporte sur le dernier. En outre, alors que, dans l'étude des variations de la verticale, le plan des recherches dans la voie suivie par M. Schweydar était

(1) *Mém. R. A. S.*, t. XXIX.

(2) *M. N.*, vol. LIX, p. 351.

(3) *B. A. R.*, 1896, p. 212.

pour ainsi dire tracé (1), il n'en était pas ainsi dans le problème que M. Hecker a abordé. Ici, les procédés d'observation étaient en quelque sorte à créer.

Il ne reste donc, à mon sens, qu'une question à résoudre : le mémoire répond-il entièrement aux vues qui ont guidé notre savant confrère M. Lagrange lorsqu'il a institué le prix?

Par un sentiment de délicatesse auquel je me plais à rendre hommage, mais que je trouve peut-être un peu exagéré, M. Lagrange n'a pas cru pouvoir accepter de faire partie de la Commission chargée de juger les mémoires adressés à l'Académie. Outre qu'il nous eût apporté, dans l'examen de ces travaux, le concours de sa compétence, notre savant confrère eût aidé à fixer, d'une manière précise, le sens de sa fondation. Privé de son concours, je dois néanmoins arriver à une proposition bien déterminée. Je pense que la valeur du travail de M. Hecker est de nature à justifier la proposition que je fais de lui accorder le prix. Je propose également à la Classe de voter des remerciements à M. Schweydar et j'exprime l'espoir qu'il rattachera ses recherches à celles que j'ai signalées, afin d'éclaircir la question si importante des déformations de ce que l'on est convenu d'appeler l'écorce terrestre : nul ne semble mieux préparé à une pareille étude. »

(1) Voir, par exemple, A. N., 3001-3002.

Rapport de M. Lancaster, second commissaire.

« Je me rallie entièrement aux conclusions du rapport si complet et si consciencieux du savant premier commissaire. »

La Classe, adoptant les conclusions du rapport des commissaires, décerne le prix à M. le Prof^r-Dr O. Hecker, collaborateur permanent de l'Institut royal de géodésie de Prusse, à Charlottenbourg (Berlin), pour son travail intitulé : *Bestimmung der Schwerkraft auf dem Atlantischen Ocean.*

Des remerciements ont été votés à M. le Dr Wilhelm Schweydar pour son travail intitulé : *Untersuchung der Oscillationen der Lotlinie.*

ÉLECTIONS.

La Classe procède aux élections pour les places vacantes.

Les résultats en seront proclamés en séance publique.



CLASSE DES SCIENCES.

Séance publique du 16 décembre 1905.

M. P. DE HEEN, directeur.

M. le chevalier EDM. MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : **MM. Éd. Van Beneden**, **C. Malaise**, **Ch. Van Bambeke**, **Alfr. Gilkinet**, **G. Van der Mensbrugghe**, **Louis Henry**, **M. Mourlon**, **C. Le Paige**, **Léon Fredericq**, **J. Neuberg**, **Alb. Lancaster**, **Julien Fraipont**, **Pol. Francotte**, **Paul Pelsenecr**, *membres* ; **A. Gravis**, **Ch. de la Vallée Poussin** et **Th. Durand**, *correspondants*.

Assistent à la séance :

CLASSE DES LETTRES. — **MM. G. Monchamp**, *directeur* ; **T.-J. Lamy**, le comte **Goblet d'Alviella**, **A. Giron**, **E. Discailles**, **Jules Leclercq** et **M. Wilmotte**, *membres*.

CLASSE DES BEAUX-ARTS. — **MM. F.-A. Gevaert**, *directeur*, *président de l'Académie* ; **G. Huberti**, **J. Winders**, **Edgar Tinel** et **Xav. Mellery**, *membres*.

La succession des étapes de l'évolution des sciences physiques et les théories hybrides modernes; discours par P. De Heen, directeur de la Classe.

Si l'on s'efforce de prévoir quelle sera la science de demain, c'est-à-dire la manière dont s'effectuera le virement de l'intellectualité humaine vers la vérité, rien n'est plus nécessaire que la méditation des stades successifs de la pensée dans la conception des théories mises successivement en honneur, ainsi que des raisons qui ont porté les penseurs à les abandonner ou à les modifier.

Remarquons d'abord que si l'on considère l'effort vers la vérité dans le monde des physiciens, celui-ci ne nous apparaît pas comme simple, mais comme double.

Ces deux tendances peuvent se résumer comme suit : l'une cherche à classer et à relier les phénomènes indépendamment de toute hypothèse sur la nature de ceux-ci; l'autre, partant d'hypothèses sur la nature intime de ces phénomènes, essaie d'arriver au même résultat.

Nous désignerons sous le nom de théories *homogènes* celles qui obéissent exclusivement à l'une ou l'autre de ces tendances; mais il existe des théories qui appartiennent à la fois aux deux écoles : telles sont, par exemple, les dernières théories corpusculaires des phénomènes électriques, auxquelles nous appliquerons pour cette raison le qualificatif d'*hybride*.

Les théories qui correspondent à la première tendance considèrent les agents physiques comme des *entités*; c'est ainsi, par exemple, que l'électricité est encore géné-

ralement considérée comme un agent irréductible, elle n'est pas considérée comme un *effet*, mais bien comme une *cause*.

Si donc nous voulons bâtir une *physique homogène* correspondant exclusivement à la deuxième tendance, nous devons considérer *tous* les agents physiques comme des *causes* et non comme des *effets*, causes qui résulteront de l'assimilation, à divers degrés, de l'*énergie* par la *substance* une et irréductible. Cette substance, considérée indépendamment de l'énergie, échappe et échappera, sans doute, toujours à notre entendement, aussi bien que l'énergie elle-même. C'est ainsi, par exemple, qu'il serait impossible de décider si la substance est étendue ou si elle ne l'est pas. Ce n'est que lorsqu'elle a assimilé l'énergie qu'elle acquiert des propriétés qui nous permettent de la concevoir plus aisément.

Mais revenons maintenant à la considération d'une physique homogène, basée sur la conception d'autant d'entités qu'il existe de phénomènes fondamentaux *en apparence*.

Nous concevrons alors la chaleur, la lumière et l'électricité comme des fluides imprégnant la matière et se manifestant à nous dans les conditions indiquées par l'expérience.

Ces agents pourront être fixes ou mobiles, bien qu'en réalité du moment où nous admettons leur mobilité, nous introduisions une notion qui correspond à une conception mécanique, car il faudra définir la nature du mouvement que nous concevons.

Cependant, sans trop déroger au programme que nous nous traçons, nous pourrions concevoir des déplacements comparables à ceux d'un fluide se répandant dans les milieux que l'on considère.

Enfin, nous établirons des relations mutuelles qui s'accordent avec certains principes généraux, tels que le principe de la conservation de l'énergie.

Cette manière d'envisager les choses est suffisante pour résoudre un grand nombre de problèmes; elle a permis à Fourier de construire sa théorie analytique de la chaleur. C'est cette conception qui consiste à considérer les apparences physiques comme des réalités objectives qui engendra la théorie du *phlogistique*; elle est des plus importantes au point de vue de notre analyse, car elle représente bien le premier essai sérieux effectué dans le sens que nous indiquons.

La première idée d'un fluide calorique est due à Jean-Joachim Becher, né à Spire en 1655. Cette idée fut reprise par Stahl dès les premières années du XVII^e siècle, lequel édifia la théorie du phlogistique.

D'après cette théorie, le fluide phlogistique imprègne tous les corps combustibles, il se dégage lors de leur combustion. Remarquons dès à présent que cette idée de mélanger à la matière du fluide phlogistique est *identique* à celle qui a cours actuellement et qui consiste à mélanger à la matière des corpuscules électriques.

Ce furent les travaux de Lavoisier qui firent abandonner cette hypothèse, et cela par cette argumentation, que le poids du corps brûlé est plus grand que le poids du combustible primitif. Il n'était donc nullement sorti le quelque chose phlogistique, quelque chose, au contraire, le comburant s'était ajouté.

Malheureusement, cette argumentation eût été bien insuffisante dans l'état actuel des esprits. En effet, le phlogistique, de même que le fluide ou corpuscule électrique moderne, peut fort bien être considéré comme

impondérable, et dès lors la variation du fluide phlogistique ne correspondra plus à une variation de poids.

En apportant cette modification, la théorie de Stahl demeure rigoureusement intacte, et si la première école veut rester conséquente avec elle-même, elle devra considérer comme oiseuse toute théorie cinétique de la chaleur.

Nous voyons donc une théorie délaissée à sa naissance par suite du défaut d'imagination de ceux qui la défendaient. Ainsi que nous venons de le dire, il n'en eût pas été ainsi dans l'état actuel des esprits, mais la suite de l'évolution est facile à reconstituer.

Le calorique, aurait-on dit, constitue une substance irréductible, et il est superflu de rechercher la nature du calorique; admettons donc qu'il soit comparable à un fluide imprégnant les corps et que, de plus, il corresponde à une manifestation de l'énergie. Lorsque le corps s'échauffe, il libère le fluide calorique; l'inverse a lieu lorsqu'il se refroidit.

Mais partant alors de la conception de l'atome matériel, on se serait demandé s'il ne doit pas exister un atome calorique, que nous nommerons *thermon*, pour établir une analogie avec le mot *électron*. Et voilà notre atome pris dans son ensemble constitué par un élément matériel autour duquel gravitent des thermons.

L'hybridité de la théorie se manifeste déjà, car la conception du mécanisme se superpose à la conception de l'agent physique considéré comme entité. La vitesse de gyration des thermons s'accroît avec la température, et projetés par l'action de la force centrifuge dans le milieu ambiant, nous voyons apparaître la cause possible de la lumière et de la chaleur rayonnante. En un mot, la théorie de l'émission de Newton est fondée.

Heureusement pour la science, les physiciens d'alors n'avaient pas atteint le degré d'intelligence et surtout de ténacité qu'ils possèdent actuellement; cette phase de l'évolution ne s'est pas réalisée. Si même on avait songé à ce que nous venons de dire, il eût paru plus raisonnable d'admettre tout simplement que la chaleur représente l'impression produite par un mode de mouvement des éléments matériels ou du milieu qui les imprègne, auquel on a donné le nom d'éther.

La conception des *thermons* introduisait donc une complication parfaitement inutile, la considération du mouvement des éléments pouvant être regardée comme suffisante. C'est la conclusion à laquelle les physiciens eurent alors la sagesse de s'arrêter. On sait qu'elle a été particulièrement développée par Clausius, Boltzmann et d'autres, et déjà pressentie par Bernoulli et même par Amontons au commencement du XVIII^e siècle, lequel ne fut pas écouté par cela qu'il avait précédé les idées de son temps.

Cependant, si les physiciens d'alors avaient suivi les errements de ceux d'aujourd'hui, d'autres conséquences n'étaient pas moins inéluctables. Elles sont très intéressantes, car il n'existe pas seulement des phénomènes calorifiques, à ceux-ci s'ajoutent des phénomènes magnétiques, électriques et lumineux. N'oublions pas que nous devons nous interdire de la manière la plus absolue toute explication des phénomènes physiques sous peine d'inconséquence. Nous avons commis cette faute lorsque, partant de la théorie des *thermons*, nous avons admis que la lumière et la chaleur rayonnante étaient le résultat de la projection de ceux-ci. Ces agents doivent être considérés comme des entités irréductibles. Nous introdui-

rons donc la considération de *luminons*, deux espèces de *magnétons* et deux espèces d'*électrons*.

Si nous nous arrêtons là, l'atome se composera d'un élément matériel entouré d'*au moins* cinq espèces de corpuscules différents.

Cependant deux raisons ne permirent pas aux physiciens imbus de ces idées d'en arriver à cette extrémité, mais, à cet effet, ils furent forcés d'adopter une hypothèse hybride *impliquant un mécanisme* dans lequel intervient un ou plusieurs des corpuscules que nous venons de considérer. D'une part, il résulte des recherches d'Ampère que l'élément magnétique est équivalent à un élément parcouru par un courant, et les idées de Maxwell nous permettent de concevoir le courant comme équivalent à des déplacements d'électrons et qu'enfin ces électrons en mouvement, agissant sur le milieu éther qui imprègne les corps, déterminent l'oscillation lumineuse et calorifique.

Nous voyons que les physiciens fictifs qui auraient dû succéder à la conception du phlogistique auraient été amenés au même résultat par l'introduction de l'hypothèse des *thermons*. Les *thermons* à l'état de gyration et agissant sur l'éther déterminaient l'oscillation lumineuse et calorifique déjà pressentie par Young et adoptée à la suite des travaux de Fresnel. Enfin, les *thermons*, en s'échappant, auraient également pu dans une certaine mesure fournir l'interprétation des phénomènes radio-actifs.

Mais en réalité, pour quelle raison n'a-t-on pas inventé les *thermons*? La véritable raison se trouve dans cette circonstance que c'était introduire une complication inutile et, par conséquent, une conception nuisible, et

nous pensons que l'invention des électrons est tout aussi inutile et tout aussi nuisible.

Concluons que dans l'état actuel des choses, l'hybridité des théories est inéluctable, car on se voit forcé de superposer à la conception d'*entités*, la conception d'un *mécanisme*. La seule méthode possible pour arriver à la réalisation d'une physique homogène se trouve dans la recherche du mécanisme de la substance, et cela malgré les succès du passé et les difficultés de l'avenir. Il importe du reste peu que ces interprétations existent en nombre infini comme le veut Poincaré, l'essentiel est d'en trouver une.

Lorsque les physiciens ont eu la hardiesse de supprimer la conception du fluide calorique comme réalité objective et d'affirmer que le fluide calorique n'est autre chose que le résultat du mouvement des éléments matériels, ils ont accompli un grand pas en se débarrassant d'une chimère. C'est également la *chimère électrique* que nous tenons à combattre.

Cependant, la conception que l'on se faisait de l'élément matériel comparé à un petit corps dur doué de propriétés encore mystérieuses d'affinité, de valence, etc., était naturellement incomplète et trop simple. La conséquence de cet état de choses peut se prévoir. Tout en donnant la clef d'un grand nombre de phénomènes, cette théorie devait nécessairement laisser d'autres faits dans l'ombre, et même établir des contradictions entre la théorie cinétique et les conclusions rigoureuses obtenues par la théorie énergétique. Telle est, par exemple, la conception du zéro absolu, au sujet de laquelle la théorie cinétique conduit à une absurdité.

Mais si presque tous les physiciens se rallient à l'idée que la chaleur correspond à un mode de mouvement des

éléments, pourquoi vouloir s'obstiner à admettre qu'il n'en est pas de même de l'électricité!? Ce manque de logique est d'autant plus apparent, qu'en imaginant une théorie cinétique de l'électricité, nous verrons se combler, au moins dans une grande mesure, les lacunes que la théorie cinétique incomplète de la chaleur devait nécessairement présenter.

Cela ne veut nullement dire que la conception fantaisiste des électrons n'ait pas rendu service à la science, au contraire. Nous avons, je pense, été le premier à émettre cette proposition qu'une hypothèse fausse peut rendre service à la science, proposition qui a été également émise par M. Poincaré.

Pour ne citer qu'un exemple, rappelons la belle découverte de Zeeman, préparée par la perspicacité de Lorentz, lequel a prévu cette observation en partant de la théorie des électrons.

Mais l'avantage d'une théorie plus rapprochée de la vérité serait évidemment d'embrasser un plus grand nombre de faits.

Ceux qui soutiennent la théorie actuelle pourraient objecter à notre raisonnement qu'il n'y a là peut-être qu'une question de mots, et que l'entité irréductible peut aussi bien porter le nom d'*électricité* que le nom d'*éther*. Malheureusement, les partisans des théories dérivées de la conception de Maxwell ne demandent pas une entité irréductible, ils en demandent *deux* : l'électricité positive et l'électricité négative. Nous soutenons qu'une suffit, et nous diminuons dès lors le nombre d'éléments nécessaires à l'interprétation de l'univers, ce qui est la règle.

D'autre part, les idées actuelles semblent également suggérées par l'habitude de la contemplation des corps célestes.

L'élément négatif devient dès lors comparable à une petite planète, et l'élément positif à un petit soleil.

C'est là la cause de bien des difficultés (dont les physiciens actuels ont du reste soin de ne pas parler). Le problème se pose, au contraire, d'une manière plus commode si l'on ne s'astreint pas à cette condition, en attribuant à l'élément une forme telle que, par suite de son mouvement de gyration, il détermine une aspiration et une propulsion.

Nous obtiendrons, par la juxtaposition de ces éléments, l'image d'une fibre gyrostatique se déplaçant longitudinalement en sens inverse des éléments, laquelle représente le courant électrique.

La limite inférieure de la dimension de ce système ne sera plus le point, mais bien la ligne. La matière possède donc une texture fibreuse, ainsi que cela paraît bien indiqué pour les gaz, lorsque l'on y introduit des poussières très fines, de la fumée de tabac par exemple.

Si l'on se rapporte aux phénomènes d'attraction et de répulsion que l'on observe dans la nature, on constate que ceux-ci peuvent trouver leur origine dans l'état de mouvement des éléments matériels et du milieu qui les enveloppe.

Les mouvements capables de déterminer ces actions dites à distance appartiennent à deux ordres différents : 1° à l'ordre des actions pulsantes de Bjerckness, en vertu desquelles, si l'on plonge dans un fluide deux corps déformables, ceux-ci se repoussent si les vibrations sont concordantes, et s'attirent dans le cas contraire.

C'est à ces vibrations des éléments propulsifs déformables, produisant ainsi des variations de l'intensité du courant, que nous avons attribué l'action répulsive du

par un courant se déplacera en sens inverse du sens du courant. C'est ce que nous avons vérifié par l'expérience.

Considérons maintenant ces éléments bipôles libres dans l'espace et s'orientant les uns par rapport aux autres, de manière à constituer une chaîne ionique ; admettons de plus que cette chaîne vienne à se fermer. La réaction du mouvement propulsif déterminera la rotation du système en sens inverse du sens du courant, ainsi que nous l'avons du reste dit plus haut.

Telle sera l'origine de la rotation des mondes à l'état nébulaire, dans lesquels commencent à s'élaborer les espèces chimiques. Notre globe a d'ailleurs conservé la trace de ce courant originel. Le courant terrestre est bien dirigé en sens inverse du sens de la rotation de la terre.

Que suffira-t-il maintenant de faire pour obtenir l'élément magnétique ?

Il suffira d'enrouler la fibre ionique en hélice. Nous obtenons ainsi le tourbillon que nous qualifierons de *troisième ordre*, dont l'axe sera toujours occupé par un tourbillon de *deuxième ordre*, c'est-à-dire par la fibre ionique (nous pouvons citer, parmi ses manifestations, les phénomènes électriques des cristaux) ; enfin l'axe de tourbillon de deuxième ordre sera occupé par la fibre gyrostatique d'éther *tourbillon de premier ordre* qui engendrera l'attraction newtonienne.

Nous sommes ainsi naturellement amené à concevoir notre théorie des *modes* ou des *phases substantielles*, chaque phase étant définie par le numéro d'ordre du tourbillon.

La matière, telle que nous la connaissons, est donc le résultat de la superposition de trois phases correspondant

aux trois modes d'attraction à distance que nous connaissons.

Les phases substantielles qui peuplent l'univers sont sans doute beaucoup plus nombreuses. Elles correspondent, par exemple, à la vie et aux affinités et attractions que les êtres exercent les uns sur les autres, et sans doute à un grand nombre de réalités inobservables par suite de l'absence de réactifs.

Cette conception correspond bien avec celle de Spinoza lorsqu'il dit qu'il entend par *modes* des affections de la substance, c'est-à-dire des choses qui sont dans d'autres choses, par lesquelles elles sont conçues.

Telle est la théorie physique que nous proposons à l'analyse et à la mécanique de l'avenir. Mécanique dont les principes devront sans doute subir des modifications profondes. Actuellement déjà les physiciens ont été obligés de tenir compte de cette nécessité, les mécaniques des diverses phases substantielles ne sont pas identiques. La mécanique de la matière n'est sans doute qu'un cas particulier d'une mécanique beaucoup plus générale, de même que la géométrie à trois dimensions n'est qu'un cas particulier de la géométrie à un nombre de dimensions quelconque.

La masse, qui dans l'esprit des mécaniciens représentait une constante, devient fonction de la vitesse pour la deuxième phase, ainsi que le montrent les expériences sur les rayons cathodiques.

Ceci nous montre déjà la tendance vers cette évolution.

Des tentatives ont du reste déjà été faites dans le sens que nous indiquons. Larmor, afin de mettre la théorie électrique de Maxwell en harmonie avec les théories

optiques de Lord Kelvin et relatives à la constitution gyrostatique adynamique de l'éther, reconnu que la conception de l'éther donnait une interprétation directe des conducteurs chargés d'électricité, et de tous les effets de leur mouvement. *Mais elle ne semblait pas s'adapter à la communication d'une charge d'un conducteur à un autre.* Cette difficulté devait nécessairement exister avant la conception de l'élément à la fois *déformable et propulsif*. Nous avons montré, par le raisonnement et par l'expérience, que dans ces conditions des charges et des décharges peuvent se communiquer à distance lorsque l'élément ion est mobile, et nous avons désigné cette manifestation sous le nom d'*induction électrostatique*, appellation à laquelle nous attachons une autre signification que celle qui est attribuée à l'*influence électrostatique*.

Voici quelques conséquences de notre hypothèse des phases. Puisque celles-ci sont fibreuses et non granulaires, qu'advient-il si nous réalisons un corps très petit, dont la dimension limite est le point? La réponse est évidente : nous réaliserons un système instable, les ions constitutifs ne tarderont pas à se libérer, orientés positivement ou négativement, nous obtiendrons en un mot la particule colloïdale électrisée dont l'activité physiologique est si remarquable. Elle paraît entretenir, sinon présider aux phénomènes vitaux, surtout dans les milieux liquides.

Lorsque cet *état particulière* se produit dans les milieux gazeux, il détermine également des phénomènes électriques. Le plus intéressant de ceux-ci se trouve dans la production de l'électricité atmosphérique dont l'origine semblait si mystérieuse.

Les gouttes d'eau atteignant une certaine limite de petitesse s'électrisent nécessairement ; leurs actions répulsives mutuelles établissent le mouvement brownien, qui les maintient en suspension et, de plus, les sépare les unes des autres. Mais la décharge ne tarde pas à amener la réunion de celles-ci, d'où la chute de grosses gouttes de pluie après le coup de foudre.

Ceci nous conduit à l'examen d'un phénomène de la plus haute importance concernant la théorie actuellement admise.

Si l'on dirige un rayon ou un agent ionisant quelconque dans un milieu renfermant de la vapeur d'eau saturée, on observe des centres de condensation, et chaque gouttelette développée en ces points porte une charge toujours la même, égale à 3.4×10^{-10} unités électrostatiques CGS. Cette charge élémentaire permet de connaître celle d'un atome monovalent dans l'électrolyse et d'en déduire le nombre de molécules renfermées dans un volume déterminé de gaz. Le résultat cadre bien avec ceux de la théorie cinétique.

Il résulte de ce que nous venons de dire de la particule colloïdale électrisée que la charge électrique, loin de favoriser en général la condensation, contribue, au contraire, à maintenir les éléments en suspension. La décharge des particules détermine, au contraire, la condensation, résultat qui est obtenu, par exemple, avec les rayons X agissant sur de la vapeur saturée.

Supposons maintenant que dans la vapeur, au voisinage du point de condensation, l'état particulaire ou colloïdal soit réalisé dans une certaine proportion. La plus petite goutte possible sera réalisée aux points où le rayon de courbure de la fibre électro-magnétique attein-

dra une limite de petitesse telle que l'équilibre ionique sera rompu.

Ces points portent toujours la même charge, Si nous dirigeons dans ce milieu un agent capable de libérer les ions, c'est-à-dire de rendre le milieu conducteur, ces gouttelettes ou éléments courbes ou circulaires se déchargeront. Mais nous pouvons admettre que cette décharge n'est pas rigoureusement simultanée, et dès lors une particule électrisée étant entourée de particules qui ne le sont plus, la première ne tardera pas à condenser les dernières. L'ensemble portera la charge limite indiquée plus haut.

Nous voyons encore que, malgré la bipolarité de l'élément ion, l'élément chimique présente des caractères essentiellement positifs ou négatifs; ce dernier est donc en apparence monopolaire, ce qui semble en contradiction avec notre théorie. Une image très simple peut favoriser la représentation d'une surface monopolaire.

Considérons une surface quelconque, par exemple une sphère entièrement plongée dans un liquide, qui représente ici l'éther, et disposons sur cette surface une série de petites pompes ou d'hélices aspirantes et foulantes. Si les tubes de refoulement ou de projection sont placés radialement vers le dehors, nous aurons l'image de la sphère électrisée positivement, et inversement pour la sphère électrisée négativement.

Les apparences de monopolarité sont donc fréquentes dans la phase II ou électrique. Elles se produiraient dans la phase III ou électro-magnétique si une série d'éléments se trouvaient disposés de même que nos ions. Il serait aisé de réaliser une sphère qui serait magnétiquement positive ou négative, en disposant des barreaux

radialement de telle manière que tous les pôles de même nom correspondent avec le centre.

Mais s'il est aisé de donner une interprétation simple des apparences monopolaires dans la théorie que nous défendons, il paraît impossible de fournir une interprétation de certains phénomènes bipolaires à l'aide des théories du genre de celle de Maxwell; telles sont les manifestations électriques obtenues par frictions longitudinales dans un sens déterminé (expérience de Volpicelli) et entièrement comparables aux phénomènes d'aimantation. Ensuite la remarquable stabilité des champs électrostatiques raccordés, lorsqu'ils sont soumis par exemple à l'action des agents ionisants, stabilité que l'on peut comparer en tout point à la stabilité qu'acquiert l'aimant sous l'action de l'armature.

Comment encore rendre compte de l'asymétrie polaire qui fait que dans certaines conditions un courant se propage plus facilement dans un sens que dans l'autre?

Dans la conception admise du courant, des corpuscules positifs partent de l'anode, des corpuscules négatifs de la cathode, d'où la nécessité d'attribuer à ceux-ci une espèce de courtoisie pour qu'ils ne se rencontrent pas en route.

Cette difficulté est accompagnée d'une particularité tout aussi grave : si l'on détermine la vitesse de propagation de l'électricité dans un conducteur, on trouve que celle-ci est égale à la vitesse de la lumière et qu'elle est la même de la cathode vers l'anode que de l'anode vers la cathode, alors que la théorie corpusculaire exigerait une vitesse environ dix fois plus faible de l'anode vers la cathode.

Dans la théorie que nous proposons, il s'agit simple-

ment de ce que j'appellerais volontiers *la vitesse de propagation de l'onde d'orientation*, orientation qui détermine la propulsion de l'éther dans un sens déterminé.

Nous pourrions même ajouter qu'ici la théorie admise se trouve en contradiction complète avec elle-même. Il résulte, en effet, de raisonnements basés sur celle-ci que le corpuscule ne peut atteindre la vitesse de la lumière. En effet, pour cette vitesse, la masse corpusculaire deviendrait infinie, conclusion à laquelle nous sommes du reste également conduit.

Enfin, l'action aspirante et foulante que nous avons montrée est ininterprétable.

Concluons que les équations, quelque bien posées qu'elles puissent être, ne renferment jamais que ce qu'on y met; il en est ainsi de celles de Maxwell. Ce qu'on y a mis a été suffisant pour en tirer un certain nombre de conclusions remarquables, *mais cela est insuffisant* pour embrasser d'autres faits, non moins importants, que l'on passe sous silence.

Si maintenant nous examinons la théorie des phénomènes calorifiques, les difficultés que l'on rencontre ne sont pas moins insurmontables. En effet, le rayonnement calorifique est considéré comme étant dû à la révolution de corpuscules négatifs autour d'un corpuscule positif de masse plus grande. Le rayonnement calorifique cesse au zéro absolu, et il en est par conséquent de même du mouvement que nous venons de considérer.

Jusqu'ici on ne rencontre aucune difficulté, mais c'est le mouvement de ces corpuscules dans leur orbite qui engendre également le courant auquel correspondent les manifestations de l'aimant; enfin, on admet que ces corpuscules lancés dans le milieu ambiant déterminent les phénomènes radio-actifs. Or, ni les phénomènes magné-

tiques ni les phénomènes radio-actifs ne sont enrayés, ni dans certains cas diminués dans le voisinage du zéro absolu.

Au contraire, dans la théorie que nous proposons, le zéro absolu constituerait une température limite, du reste physiquement et théoriquement irréalisable, à laquelle l'énergie de gyration, au lieu de devenir nulle, deviendrait constante par suite de l'absence de la faculté de dissipation de l'énergie de gyration, faculté qui se trouve dans la vibration.

Si l'on peut concevoir avec Lorentz qu'un corpuscule animé d'un mouvement gyrotoire puisse déterminer un sillage auquel correspond la production de l'oscillation calorifique ou lumineuse, il est bien difficile de se rendre compte comment cette oscillation peut inversement accroître le mouvement gyrotoire, c'est-à-dire la température, lorsqu'elle pénètre un corps. Les choses se passent en effet comme si l'on affirmait qu'une série de petits volants placés normalement à la surface d'un liquide et y plongeant en partie voyaient leur mouvement de rotation s'accroître par suite de l'agitation superficielle; aussi Lorentz se croit-il obligé de superposer à sa première hypothèse, l'hypothèse d'une agitation irrégulière des corpuscules, ce qu'il est bien difficile de concevoir dans la théorie admise. Elle est du reste en contradiction complète avec ce qu'on observe dans les gaz qui absorbent les mêmes longueurs d'onde que celles qu'ils émettent.

Comme le fait remarquer Lorentz lui-même, on ne voit pas dans cette théorie pourquoi en chauffant un corps on déplace le rayonnement vers le côté des petites longueurs d'onde. Nous voyons, au contraire, dans notre théorie, que le système matériel est formé d'ions de

diverses dimensions pouvant se comparer à des timbres qu'il est d'autant plus difficile de faire vibrer que la note à rendre est plus élevée.

Ces remarques montrent suffisamment qu'il importe de modifier la théorie à laquelle nous venons de faire allusion, et cela malgré les services considérables qu'elle a rendus à la science.

Disons, en terminant, qu'il résulte de ces considérations théoriques que si le zéro absolu était réalisé ou si, par suite d'une pression suffisante, on réalisait un rapprochement équivalent des ions, la matière acquerrait des propriétés telles que, comparée à nos plus violents explosifs, ceux-ci ne produisent que des souffles insignifiants; en un mot, la matière prendrait alors la forme de la foudre, et le mouvement d'expansion qui en résulterait aurait donc une vitesse de propagation comparable à celle de la lumière.

Telle est l'interprétation que nous donnons aux apparitions lumineuses subites qui s'observent parfois dans le ciel, désignées sous le nom d'étoiles nouvelles.

Elles s'éteignent presque complètement après quelques jours, et l'on voit apparaître autour d'elles une nébuleuse. Des portions de matière pourront cependant échapper à cette transformation subite, et nous voyons les éclats de celle-ci constituer des météorites.

On a attribué ces étoiles dites nouvelles à des collisions de corps célestes. Mais, comme le fait très justement remarquer le professeur del Marmol en rendant compte de notre théorie, s'il en avait été ainsi, il faudrait des milliers d'années pour déterminer la diminution d'éclat que l'on observe en quelques jours.

La substance ainsi dématérialisée reprendra lentement

au milieu ambiant l'énergie nécessaire pour la reconstitution de la matière.

Nous nous trouvons ainsi tout naturellement amené à l'idée philosophique de Nietsche : l'éternel retour des choses.

L'univers a pour base deux entités irréductibles et inconcevables, l'énergie et la *substance*, laquelle, en s'assimilant à la première, constitue toutes les phases substantielles dont la matière n'est qu'un cas particulier.

L'évolution de l'énergie dans la substance constitue le cycle fermé et éternel, dans lequel les mondes, les espèces chimiques et animales, ainsi que toutes les phases connues et inconnues passent et repassent, et cela suivant les lois immuables qui de tout temps gouvernent la nature tangible ou intangible et qui la gouverneront éternellement. L'univers est un système qui n'a pas eu de commencement et qui n'aura pas de fin. Son énergie ne se dissipe qu'en apparence. Son entropie moyenne ne tend pas vers une limite, elle est rigoureusement constante.

L'origine des animaux d'eau douce; par Paul Pelseneer,
membre de l'Académie.

Depuis plusieurs années, l'un des derniers venus parmi les membres de cette Académie consacrait les loisirs que lui laissent ses devoirs professionnels à tenter l'acclimatation des larves d'animaux *marins* dans des eaux de moins en moins salées.

Un jour, quelqu'un qui le visitait au bord de la mer, dans le petit laboratoire où il exécutait ses expériences,

lui demanda à quoi pouvaient servir de pareilles tentatives. Telle est, en effet, la question que se pose habituellement le public à propos des diverses recherches d'ordre un peu spécial. Car, le plus souvent, considérées en elles-mêmes, elles ne révèlent pas immédiatement l'idée qui les a fait entreprendre, ni les conclusions éventuelles qu'il sera permis d'en tirer.

Aussi, toutes les études de ce genre, publiées dans les recueils académiques ou autres, vont-elles se ranger sans fracas sur les rayons des bibliothèques sérieuses; et là viennent seuls les consulter quelques collègues s'intéressant à des objets analogues.

D'ailleurs, — et bien qu'ils soient indispensables à l'édification progressive de la science, — ce n'est pas dans des faits isolés que réside le véritable intérêt scientifique : leur poursuite et leur constatation ne sont que les moyens d'arriver à la découverte des lois plus ou moins étendues.

Et il n'y a pas de doute que l'accumulation d'observations de détail constituerait, à la longue, un chaos inextricable si, de temps en temps, il ne s'en trouvait un certain nombre qui puissent être reliées entre elles par une idée générale quelque peu synthétique.

Il se fait ainsi qu'à côté des investigations particulières et des ouvrages d'érudition pure — accessibles seulement aux spécialistes — il y a encore des travaux d'allure un peu moins ardue. Ils sont naturellement plus rares : car souvent il faut des années de patiente analyse pour autoriser une heure de synthèse; mais le public général peut les écouter, sinon « avec un plaisir extrême » (comme le conte de Peau d'Ane), au moins sans trop d'ennui ou de fatigue.

Ce sont des communications de cette nature que l'Académie réserve d'ordinaire pour les jours où elle ouvre ses portes et convie le monde profane à lui tenir compagnie.

Cependant, pour ce qui me concerne, redoutant d'aborder les sujets de l'ordre le plus élevé, je ne me risquerai pas à m'écarter beaucoup de mon domaine habituel. Et je suis amené ainsi à vous entretenir tout simplement de *l'origine des animaux d'eau douce*.

Car c'est à cette idée plus ou moins générale que se rattachent les petites expériences auxquelles il a été fait allusion tantôt. En effet, en les combinant à l'examen de la population fluviale de certaines contrées et à la connaissance de la densité des diverses mers du Globe, nous arriverons à pouvoir proposer une solution de cette question, qui compte à la fois parmi les plus malaisées et parmi les plus attrayantes de la géographie zoologique.

* * *

C'est un fait d'observation courante que les êtres vivants tendent à envahir et à peupler tout l'espace et tous les différents milieux qui se trouvent à leur portée.

Mais les modifications d'habitat et de genre de vie qui en sont la conséquence peuvent être plus ou moins sensibles et retentir plus ou moins profondément sur leur constitution.

Les organes, qui ont tous une certaine plasticité dans leur fonctionnement, peuvent s'adapter à ces changements en se modifiant eux-mêmes physiologiquement et anatomiquement. Parmi eux, il en est qui sont mis à la retraite et qui disparaissent plus ou moins vite, presque

tout à fait, parce qu'ils sont utilisés pour d'autres rôles, et qui subissent ainsi, dans l'hiérarchie physiologique, une promotion ou une rétrogradation.

De sorte que, fort souvent, par suite de ces adaptations et de ces transformations, les habitants des différents milieux sont aussi assez dissemblables entre eux.

Toutefois, si l'on considère — abstraction faite de toute préoccupation gastronomique — des animaux tels, par exemple, que la Truite de mer ou le Homard, d'une part, et la Truite de rivière ou l'Écrevisse, d'autre part, on ne peut s'empêcher de leur trouver un air de très étroite ressemblance, malgré que leurs domaines soient pourtant aussi différents que l'eau de mer et l'eau douce.

Et si l'on se reporte alors aux phénomènes évolutifs constatés dans la nature organique tout entière, c'est-à-dire à la loi que toutes les espèces vivantes proviennent d'autres espèces qui ont vécu à une époque antérieure, on se posera naturellement la question de savoir si, parmi ces organismes voisins et proches parents, ce sont les habitants de la mer ou ceux des fleuves qui représentent le plus fidèlement, par le milieu où ils vivent, la souche généalogique des autres.

Car on a affaire, ici, à un cas naturel tout à fait comparable au cas social d'hommes blancs, parents entre eux, dont les uns sont fixés dans la vieille Europe, tandis que les autres se trouvent établis en Australie ou dans l'Amérique du Sud.

*
* * *

Or, on peut démontrer, par des preuves nombreuses, tirées tant de l'organisation même que de l'étude des

embryons et de celle des fossiles, que les animaux fluviaux sont des descendants d'une lignée d'ancêtres marins.

Et dans la suite des temps, c'est d'une façon pour ainsi dire ininterrompue que la mer a cédé des immigrants à l'eau douce. Les Océans ont existé, en effet, avant les fleuves; en outre, les mers d'aujourd'hui sont la continuation de celles d'autrefois. Mais la distribution des rivières a été bien souvent complètement renouvelée, sans qu'il y ait eu toujours des liens de parenté entre les cours d'eau d'une époque déterminée et ceux d'âge plus récent.

Conséquemment, la population de ces derniers n'a pas été seulement le siège de modifications intrinsèques, par suite desquelles les habitants actuels de l'eau douce seraient l'exclusive postérité des faunes fluviales anciennes; elle s'est reconstituée continuellement par des apports d'origine marine. Et ici, encore une fois, tout se passe comme dans l'ensemble des habitants blancs de l'Australie ou de l'Amérique, constamment enrichi et modifié par l'adjonction de nouveaux immigrants d'origine européenne.

*
* * *

Dans ces conditions, deux questions se présentent surtout, auxquelles il convient de chercher une réponse :

I. — D'abord, comment se fait, principalement, cette colonisation des fleuves par les habitants de la mer?

II. — En second lieu, y a-t-il encore, dans la nature

actuelle, certaines parties de la Terre où s'est effectuée plus que partout ailleurs une pénétration récente de formes marines? Et parmi les conditions d'existence particulières à ces régions, quel est le facteur qui est la cause essentielle de cette immigration plus facile et plus abondante?

I.

PASSAGE DE LA VIE MARINE A LA VIE FLUVIALE.

1. — Relativement au premier point, on notera d'abord que, parmi les faunes d'eau douce, on distingue, depuis Schmarda — pour ce qui concerne l'origine :

1° Les faunes de survivance ou résiduelles (*relictæ*);

2° Les faunes de pénétration ou immigrantes (*intrusæ*).

1° Mais les exemples d'importantes faunes de survivance sont (en dehors de la Caspienne) fort peu nombreux et, généralement même, très discutés; ainsi en est-il notamment pour les lacs Baïkal et Tanganyka.

A) *Lac Baïkal* (1). — Il possède une portion de faune à « aspect » marin incontestable; les principaux éléments en sont : l'Éponge monaxonide *Lubomirskia*, les Annélides polychètes *Dybowskiella Godlewskii* et *D. baika-*

(1) Voir : HÖRNES, *Biol. Centralbl.*, XVII, et *Jahrb. K. K. geol. Reichsanst.*, 1897, p. 84. — KOROTNEFF, *Biol. Centralbl.*, XXI, 1904; *Zoogeographical Researches on Baïkal* (GEOGR. JOURN., 1903, et ARCH. DE ZOOL. EXPÉR., 1904).

tensis (genre peut-être identique à *Manyunkia* de l'Amérique du Nord), une Planaire triclade (Korotneff), un Nudibranche, *Ancylodoris* (Dybowsky).

Cette petite faune a été considérée par Hörnes comme une faune de survivance de la mer Sarmatique. Mais, pour d'autres géologues, et notamment pour Credner, qui a fait une étude spéciale de cette question, ce lac n'a pas une origine marine (1), pas plus d'ailleurs que la plupart des lacs considérés autrefois comme « Reliktensee » (2). Et, d'autre part, au point de vue zoologique, Korotneff arrive au même résultat et conclut que les quelques formes marines qu'on y rencontre ne sont pas des « relictæ », mais des immigrants venus par voie fluviale.

En effet, le Baïkal présente des formes communes avec le fleuve Amour (*Benedictia*) et avec la mer de Behring (*Lubomirskia*).

B) *Tanganyika* (3). — Les types dits marinoïdes ou halolimniques (Moore) sont au moins très litigieux. Déjà en 1886, ayant étudié personnellement la faune malacologique de ce lac, j'ai pu combattre la doctrine du Tan-

(1) CREDNER, *Die Reliktenseen*, Ergänzungsheft 89 zu *Petermann's Mittheilungen*, 1888, p. 26.

(2) Id., *Ibid.*, Ergänzungsheft 86, 1887, pp. 108, 109.

(3) Voir MOORE, *Nature*, LVI (PROC. ZOOL. SOC. LONDON, 1897), et *The Tanganyika Problem*: London, 1903. — STROMER, *Petermann's Mitt.*, 1901. — HUDDLESTON, *Origin of the Marine halolimnic Fauna of the Lake Tanganyika* (GEOL. MAGAZ., 1904, pp. 337-382). — SMITH, *Proc. Mal. Soc. London*, 1904.

ganyka-Reliktensee (1). Depuis, pour ce qui concerne ces Mollusques halolimniques, j'ai pu m'assurer que, par leurs particularités d'organisation, telles que Moore les décrit, ils sont plus voisins de formes caractéristiques de l'eau douce (*Paludina*) que de formes marines, et que même *Paludina* et *Ampullaria* ont des caractères anatomiques plus archaïques que ceux des types halolimniques du Tanganyka.

Stromer a également attribué à un phénomène de convergence l'aspect particulier de certains de ces Mollusques. Huddleston dénie de même les analogies paléontologiques (jurassiques) des coquilles du Tanganyka, ainsi que Smith.

Quant aux Poissons du lac, « ils ne fournissent aucun » appui à la théorie de l'origine marine de la faune » (Boulenger) (2).

Enfin, la Méduse supposée spéciale au Tanganyka (*Limnocrida Tanganyica*) se retrouve dans le Victoria Nyanza (3) et peut-être dans d'autres lacs de la région (4).

Comme pour le Baïkal, la géologie combat aussi la théorie du Tanganyka-Reliktensee, et l'on peut conclure, avec Huddleston, que l'hypothèse de Moore ne peut s'appuyer ni sur l'évidence zoologique, ni sur l'évidence

(1) PELSENEER, *Notice sur les Mollusques recueillis par M. le capitaine Storms dans la région du Tanganyka*. (BULL. DU MUS. D'HIST. NAT. DE BELGIQUE, IV, 1886, pp. 112-115.)

(2) BOULENGER, *Les poissons du bassin du Congo*. Bruxelles, 1901, p. XVIII.

(3) RAY LANKESTER, *Proc. Zool. Soc. London*, 1903.

(4) Lac Kivu (KANDT).

paléontologique, ni sur l'évidence géologique. On peut admettre, par contre, le peuplement partiel du Tanganyika par des formes d'origine marine venues en immigrantes, de l'Ouest, ce qui concorde avec l'existence d'Éponges dans le Haut-Congo (*Potamolepis*, Marshall), d'une forme très voisine de *Littorina* à Vivi (*Pseudogibbula*, Dautzenberg), etc.

2° A côté de faunes résiduelles — où les organismes n'auraient joué qu'un rôle purement passif dans l'adaptation à l'eau douce — dont l'importance est donc si minime, il y a les faunes de pénétration.

Celles-ci forment, au contraire, la partie essentielle de la population animale des eaux fluvio-lacustres. On y a distingué les immigrants actifs (c'est le plus grand nombre) et les immigrants passifs (ou fixés).

Il est donc naturel qu'en parlant de l'origine des animaux d'eau douce, ce soient surtout les faunes de pénétration et spécialement les immigrants actifs que l'on considère.

*
* * *

2. — On sait que beaucoup de groupes zoologiques n'existent pas dans les lacs et les fleuves. Une statistique détaillée, en classes, ordres, familles, etc., ne servirait pas à grand'chose à ce propos, car tous les zoologistes ne partagent pas le règne animal exactement de la même manière en un pareil nombre de sections.

Néanmoins, on peut noter que :

1° A côté de grandes subdivisions *primaires*, tout à fait absentes de l'eau douce (comme les Échinodermes et les Tuniciers), il y en a d'autres, essentiellement marines

aussi, qui y sont très peu représentées, au point qu'on en compte les formes fluviales et lacustres (1), alors que les espèces océaniques en sont, au contraire, extraordinairement nombreuses.

a. Parmi les **Spongiaires**, il n'y a que quelques genres, de la sous-famille des Spongillidae, distribués dans les diverses parties du monde, comme *Spongilla*, *Lubomirskia* (Baïkal), *Potamolepis* (Congo, Tanganyka), *Uruguayia*, etc.

b. Parmi les **Cœlentérés**, quelques unités du groupe Hydrozoa : *Hydra*, *Cordylophora*, et les rares Méduses des eaux intérieures : *Limnocodium Sowerbyi* (2), *Limnognathia Tanganyicae* (3), les formes encore non définies du Nord de la Perse (lac d'Ourmiak, non loin de la Caspienne, mais à 1,330 mètres d'altitude) et du Haut-Niger (au fort de Bammako, soit à près de 3,000 kilomètres de l'embouchure), enfin celles des lagons d'eau presque douce, au bord de la mer, dans les régions polaires (Schaudin) (4) ou tropicales (von Kennel) (5).

c. Parmi les **Annélides**, en dehors du petit groupe

(1) Les plus récents relevés de ces formes ont été faits par SOLLAS (*On the Origin of the freshwater Faunas, a Study in Evolution* [TRANS. ROY. SOC. DUBLIN (2), III, 1884]) et par CREDNER (*Die Relik-tenseen* [LOC. CIT.]).

(2) Mais connue seulement dans des bassins de serres chaudes à Londres (où le stade hydroïde a été également observé : FOWLER, *Quart. Journ. Micr. Sc.*, XXXI, 1890) et à Lyon (VANEY et COMTE, *Zool. Anzeiger*, 1901).

(3) GUNTHER, *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 1893, XI.

(4) RÖMER und SCHAUDIN, *Fauna arctica*, I, 1900.

(5) VON KENNEL, *Biologische und faunistische Notizen aus Trinidad*. (ARB. ZOOL.-ZOOT. INST. WÜRZBURG, VI, 1883.)

des Oligochètes limicoles, seulement quelques formes isolées de Polychètes, surtout Serpuliens (*Manayunkia*, Leidy; *Caobangia*, Giard; *Dybowscella*, Nussbaum), plus rares Néréidiens : *Nereilepas* (Kennel), *Lycastis* (Gravier).

d. Parmi les **Bryozoaires**, à part le groupe si peu nombreux des Ectoproctes Phylactolèmes, seulement quelques rares unités : l'entoprocte *Urnatella*, et dans les Ectoproctes Gymnolèmes : *Paludicella*, l'*Victorella* (docks de Londres), *Echinella* (Baïkal), et le genre insuffisamment caractérisé *Arachnoidia*, Moore (Tanganika).

e. Enfin, on a signalé de rares **Némertiens** d'eau douce : *Tetrastemma*, *Stichostemma* [Duplessis (1), Montgomery (2), Vaney (3)].

2° Il n'y a guère que quelques divisions un peu importantes qui y abondent en formes multiples mais généralement peu variées, et appartenant alors à certaines sections assez limitées : c'est le cas pour les Mollusques Gastropodes et Lamellibranches, pour les Crustacés et pour les Poissons.

3. — Comment les différents groupes zoologiques n'ont-ils pas tous également immigré dans les fleuves?

Pour répondre à cette question, il faut rappeler certaines expériences réalisées sur les animaux aquatiques, en faisant varier le degré de salure du milieu habité. Parmi les plus connues dans cet ordre d'idées se trouvent celles du physiologiste français Paul Bert et

(1) DUPLESSIS, *Recueil zoolog. suisse*, I, 1893.

(2) MONTGOMERY, *Zeitschr. f. wiss. Zool.*, LIX, 1895.

(3) VANEY, *Comptes rendus Acad. Paris*, CXXXIV, 1902.

celles d'un de nos compatriotes, notre savant confrère Félix Plateau.

A. — A diverses reprises, des auteurs ont ainsi étudié expérimentalement l'action physiologique de l'*augmentation de salinité* du milieu liquide, et notamment le résultat du transport d'animaux d'eau douce dans l'eau de mer. Mais cette sorte d'épreuves ne donne pas de conclusions qui soient susceptibles d'applications, vu qu'elles n'apportent pas d'éclaircissement sur un phénomène naturel normal : dans la nature, en effet, il n'y a guère d'exemple d'organismes fluviatiles, à *respiration aquatique*, qui se soient réadaptés à la vie marine (1).

B. — Par contre, l'effet de la diminution de salure, par transport d'animaux marins dans l'eau douce, n'a pas été aussi fréquemment examiné (2). Et cependant, il

(1) *Neritina fluviatilis* se rencontre en certains points de la Baltique (FISCHER, *Manuel de conchyliologie*, p. 143). Mais ce phénomène ne peut être considéré comme un retour à la mer; car dans la région où se rencontre ce petit Gastropode fluvial, l'eau superficielle de la Baltique ne renferme que 5 millièmes de sels par kilogramme; dans la partie la plus septentrionale, cette teneur tombe même au-dessous de 3 millièmes (2.6 à Nederkalix). — On a cependant constaté que le petit Crustacé d'eau douce, *Artemia salina*, vit dans le Grand Lac salé (LEIDY, *On Artemia salina from salt Lake Utah* [PROC. ACAD. NAT. SC. PHILADELPHIA, 1872, p. 165]), dont les eaux renferment 186 millièmes de sels. (ROTH, *vide* SUPAN, *Grundzüge der physische Erdkunde*, 1903, p. 663.)

(2) BEUDANT, *Mémoire sur la possibilité de faire vivre des Mollusques fluviatiles dans les eaux salées et des Mollusques marins dans les eaux douces* (JOURNAL DE PHYSIQUE, LXXXIII, 1816). — BERT, *Note sur la mort des Poissons de mer dans l'eau douce* (MÉM. DE LA SOC. DES

y a un intérêt plus grand à connaître cette dernière influence; car les conclusions d'essais de ce genre peuvent apporter de la lumière sur la question qui nous occupe, sur *l'origine des faunes d'eau douce*.

4. — Or l'expérience a montré que les organismes marins sont inégalement affectés *par les modifications de salinité*; et l'on a pu notamment reconnaître l'importance pratique de ce fait pour des animaux comestibles. On a ainsi distingué ceux qui y sont le plus sensibles sous le nom de sténohalins (à cause de l'étroite variation qu'ils peuvent seulement supporter), et sous celui de euryhalins, ceux qui ne le sont guère (1).

Il est naturellement très probable que les immigrés dans l'eau douce étaient parmi les seconds.

SCIENCES PHYS. ET NAT. BORDEAUX, IV, p. 47, 1866; ANN. DES SCIENCES NAT. ZOOL. (5), VII, 1867); *Sur la cause de la mort des animaux d'eau douce qu'on plonge dans l'eau de mer et réciproquement* (COMPTES RENDUS ACAD. PARIS, XCVII, 1883). — PLATEAU, *Recherches physico-chimiques sur les Articulés aquatiques* (MÉM. COUR. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, XXXVI, 1871); *Influence de l'eau de mer sur les animaux d'eau douce et de l'eau douce sur les animaux marins* (COMPTES RENDUS ACAD. PARIS, XCVII, 1883). — DE VARIGNY, *Beitrag zur Studium des Einflusses des süßen Wassers auf die Seethiere* (CENTRALBL. F. PHYSIOL., I, 1888). — GOGORZA, *Influencia del agua dulce en los animales marinos* (ANAL. SOC. ESPAN. HISTOR. NATUR., XX, 1891, p. 224). — FERRONNIÈRE, *Études biologiques sur les zones supralittorales de la Loire-Inférieure* (BUL. DE LA SOC. DES SCIENCES NAT. DE L'OUEST. FRANCE (2), I, 1901). — ENRIQUES, *Sull Adattamento degli Infusori marini alla vita nell'acqua dolce*. (RENDIC. ACCAD. LINCEI (5), XII.)

(1) MÖBIUS, *On the Invertebrate Animals of the Baltic*. (ANN. MAG. NAT. HIST. [4], XII, 1883.)

Mais il n'est pas du tout vraisemblable que, le plus souvent, des adultes se soient adaptés, par individus isolés, d'une façon progressive ou soudaine, même dans les eaux simplement saumâtres, dont la faune est en quelque sorte intermédiaire entre celle de la mer et celle des fleuves.

Et c'est dans les états très jeunes, notamment dans les larves plus ou moins errantes, — naissant souvent par essaims innombrables et dont les facultés de dissémination sont généralement si grandes, — que, *grâce à cette double supériorité du nombre et de la mobilité*, se trouve l'un des plus importants moyens d'entrée de la vie marine dans les cours d'eau.

La pénétration de ces formes jeunes est d'ailleurs aidée par la propagation de la marée dans le parcours inférieur des fleuves. On sait, en effet, que celle-ci se fait sentir à une distance souvent très considérable de l'embouchure, distance qui peut atteindre des centaines de kilomètres (1).

Ainsi apparaît donc l'intérêt tout particulier qu'il y a à étudier, non plus chez les adultes seulement, mais chez les larves et les embryons, le degré de résistance à la

(1) Jusqu'à 180 kilomètres dans l'Escaut, 250 kilomètres dans le Gange, 350 kilomètres dans le Mé-Kong, 800 kilomètres dans le Yang-tse-Kiang (à Hankow) et près de 1,000 kilomètres dans le fleuve des Amazones (à Obidos). — DUPLESSIS a déjà signalé le rôle éventuel du courant de marée dans l'introduction des Némertiens marins (*Note sur l'importation des Némertiens dans les eaux douces*, ZOOLOGISCHER ANZEIGER, 1895, p. 495).

diminution de salure du milieu liquide : c'est pour ce motif, et non pas au hasard des circonstances, que j'ai intentionnellement examiné les conséquences de cette diminution sur les embryons et les larves d'animaux marins assez variés (1).

5. — L'eau de mer employée pour ces observations est puisée vers le rivage, à Wimereux (Pas-de-Calais), à marée basse, après avoir déposé pendant plusieurs heures dans des mares profondes, au milieu des rochers. Elle possède une densité moyenne de 1.026 (à + 17°5 C.), comparée à celle de l'eau distillée à la même température; cette densité correspond à un peu plus de 3^{gr}4 de sels par 100 grammes d'eau de mer (2).

Cette eau, filtrée, est alors mélangée à l'eau distillée, aérée, dans diverses proportions, parmi lesquelles il a été fait usage des suivantes, où la proportion d'eau douce

(1) Pour ce qui concerne ces organismes en cours de développement, le problème physiologique de leur adaptation à un milieu de densité plus faible étant en somme un problème cellulaire, il pouvait paraître avantageux d'expérimenter sur des êtres unicellulaires. Il en est un que je pouvais obtenir à coup sûr et en grande abondance : *Protophrya ovicola*, Kofoid, parasite de l'oviducte de *Littorina rudis*. (KOFOID, *On the structure of Protophrya ovicola, a ciliate Infusorian from the Broadsac of Littorina rudis*, Don. Mark Anniversary Volum, New-York, 1903.) Mais l'expérience a fait voir que cette forme est très sensible à la dessalure et qu'elle est toujours tuée par l'adjonction à l'eau de mer d'un égal volume d'eau douce. On a reconnu d'ailleurs que, chez les Infusoires, la sensibilité est très différente, même entre espèces voisines. (ENRIQUES, *loc. cit.*)

(2) KNUDSEN, *Hydrographische Tabellen*, 1901, p. 19.

pour le volume total est représentée par les fractions : $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{5}{9}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{5}{4}$, $\frac{4}{5}$.

Les résultats rapportés ci-après n'indiquent naturellement que des minimums de résistance; car les œufs, embryons et larves en expérience étaient placés dans des conditions moins favorables que dans la nature (1).

Un certain nombre de larves ont été obtenues par fécondation artificielle : *Pholas*, *Mactra*, *Hermella*, etc. Pour les autres formes, l'expérience avait lieu sur des œufs ou sur la ponte, dont les coques sont, comme on sait, perméables aux solutions salines. Au sujet de quelques espèces, le matériel a été insuffisant pour reconnaître à quel point l'adjonction d'eau douce devient mortelle; mais il a permis de montrer l'adaptation à un certain degré de dessalure.

(1) Il m'a fallu, en effet, faire usage d'assez petits volumes liquides (20 à 30 centimètres cubes), — rarement ou nullement renouvelés, — à cause de la petitesse de la plupart des larves écloses, difficiles à retrouver dans de grands récipients. Il en résultait que la température de cette eau était plus facilement variable (sans atteindre toutefois à un degré dangereux). Et, d'autre part, des germes de Bactéries et même d'Infusoires, apportés avec des pontes et des coques d'œuf, ont pu contrarier le développement de certains organismes étudiés. Mais des témoins, placés dans de l'eau de mer normale, étaient soumis aux mêmes conditions (volume liquide, température, éclairage, germes nuisibles, etc.); ils ont donc permis de juger, relativement à l'eau de mer, l'action des eaux de salure moindre sur les embryons et larves qui y sont placés. Et quand il est indiqué que ces derniers résistent dans une eau dessalée, cela voudra donc dire qu'ils se comportent sensiblement comme dans l'eau de mer normale.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus (1) :

MÉLANGE	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{9}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{5}{6}$
SALINITÉ ‰	2.286	1.745	1.52	1.37	1.14	0.85	0.68	
Liparis vulgaris	—	—	—	—	—			
Palaemonetes varians .	—	—	—	—	—	—	—	—
Pilumnus hirtellus . .	—	—	—	—	—			
Cancer maenas (2). . .	—	—						
Porcellana platycheles.	—	—						
Pinnotheres pisum . .	—	—						
Mysis flexuosa	—	—						
Anisarthrus sp. (3). .	—	—						
Phyllodoce maculata .	—	—	—	—	—			
Hermella alveolata . .	—	—		T				
Polia candida.	—	—						
Cercaria	—	—	—	—	—			
Sepia officinalis. . .	—	—						
Loligo media	—	—	T					
Purpura lapillus . . .	—	—	—	—	—	T		
Buccinum undatum . .	—	—	—	T				

(1) Dans ce tableau, un trait complet indique que le développement continue; un demi-trait, qu'il est parfois interrompu; la lettre T, qu'il est complètement arrêté.

(2) Gosse a signalé que les larves *Megalopa* meurent dans l'eau douce. (*Tenby, a sea side Holiday*, 1856, p. 281.)

(3) Nouveau genre de Bopyrien, parasite de *Athanas*, et ainsi nommé par GIARD. Les œufs ont complètement évolué et donné des jeunes du stade épicaridien.

MÉLANGE	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{5}{5}$
SALINITÉ ‰	2.286	1.715	1.52	1.37	1.14	0.85	0.68	
Nassa reticulata.	—	—		T				
Lamellaria perspicua	T							
Littorina obtusata.	—	—	—	—				
Littorina rudis	—	—	—	T				
Lacuna pallidula	—	—		T				
Eolis papillosa	—	—	—	T (1)				
Eolis despecta	—	—		T				
Eolis concinna	—	—	T					
Polycera oculata	—	—	T					
Doris bilamellata	—	—	T					
Goniodoris nodosa	—	T						
Ancula cristata	—	—	T					
Tritonia plebeia.	—	T						
Hermaea bifida	—	—	—	—	—	T		
Elysia viridis	—	—	—		—	T		
Cenia Cocksii (2).	—	—	—					
Philine aperta	T							
Mactra subtruncata	—	T						
Pholas candida	—	—	—	—	—	—	T	

(1) Quand les pontes passent *progressivement* par des milieux de moins en moins salés, elles continuent à évoluer dans le mélange $\frac{3}{5}$.

(2) Les adultes eux-mêmes s'adaptent au mélange $\frac{3}{5}$ quand la dessalure est progressive.

6. — De ces expériences, plusieurs conclusions se dégagent :

1° A. — Certains embryons marins peuvent se développer, et les larves correspondantes s'adapter, dans une eau d'autant moins salée qu'ils appartiennent eux-mêmes à des espèces habitant plus près du niveau de la marée haute. En effet, les larves d'animaux vivant dans la limite du balancement des marées supportent généralement une dessalure à moitié, c'est-à-dire l'adjonction à l'eau de mer d'un égal volume d'eau douce, et quelquefois même d'un volume double ou triple (1). Ce sont les formes euryhalines (2).

L'uniformité relative des populations aquatiques fluviale et même saumâtre (opposée à la variété prodigieuse de la vie marine) s'explique alors par le fait que ce sont, par toute la Terre, les mêmes groupes zoologiques qui sont euryhalins et qui peuvent, seuls, contribuer à former ces deux faunes, saumâtre et fluviale.

B. — D'autres, au contraire, ne résistent pas, même dans l'eau de mer très peu dessalée (ne renfermant qu'un tiers d'eau douce), et voient leur développement arrêté plus ou moins vite, mais définitivement et pour toujours (3). C'est, d'une façon générale, ce qui arrive pour les embryons et larves d'organismes vivant à la limite de

(1) *Pholas, Purpura.*

(2) Elles sont en même temps euryhalines et eurythermes à l'état larvaire (PELSENKER, *Sur le degré d'eurythermie de certaines larves marines*, BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 1901, p. 288), ce qui correspond au caractère commun de leurs adultes.

(3) *Philine, Lamellaria.*

la mer basse et au-dessous. Ces formes sont donc sténohalines.

Peut-être parmi elles en est-il, comme les Oursins et autres Échinodermes, qui ont besoin de divers sels de la mer, au point de vue constructif, pour la formation de leurs tissus : dans ce cas, c'est par phénomène *chimique* que la diminution de ces substances constitue déjà un agent défavorable (1).

Mais, de même que Paul Bert l'a reconnu pour les adultes (2), c'est essentiellement la différence *physique* de densité des milieux qui cause la mort des embryons et des larves d'animaux marins à respiration branchiale, transportés dans une eau moins salée. Ainsi, des embryons placés dans de l'eau distillée rendue aussi dense que l'eau de mer par l'addition de sucre pur (3) ne voient pas leur développement interrompu; tandis que celui-ci est arrêté dans une eau renfermant encore 1.37 % de sels (4).

C. — La membrane branchiale qui sépare le sang, ou

(1) HERBST, *Ueber die zur Entwicklung der Seeigellarven nothwendigen anorganische Stoffen, ihre Rolle und ihre Vertretbarkeit.* (ARCH. F. ENTWICKL. MECHAN., V, 1897.)

(2) PAUL BERT, *Ann. des sciences nat. zool.*, 1867, VII, p. 369. Il en est pour les végétaux comme pour les animaux : les plantes sténohalines ne peuvent pas changer leur turgescence de plus de 10 % en peu de temps; au contraire, les formes euryhalines peuvent, sans dommage, supporter des variations de turgescence allant jusqu'à 30 %. (OLTMANN, *Jahrb. wiss. Bot.*, 1891, p. 404.)

(3) Embryons de *Lacuna*.

(4) Et dont la densité est par conséquent égale à 1.01031, soit presque celle de la mer Noire (densité superficielle : 1.014, moindre encore près des côtes).

milieu intérieur, du milieu extérieur, peut présenter différents degrés de perméabilité. Un des plus ingénieux parmi les investigateurs de cette Académie, Léon Fredericq, distingue trois cas à ce point de vue : a) perméabilité parfaite ; b) perméabilité à l'eau et aux gaz ; c) perméabilité aux gaz seulement (1). Dans les deux premiers cas, si les deux milieux diffèrent de densité (c'est-à-dire, pour la circonstance présente, de salinité), il en résulte des phénomènes d'osmose. Aussi est-il fort probable que les organismes sont d'autant plus euryhalins que leurs membranes respiratoires sont moins perméables.

Car, lorsque ces dernières sont perméables à l'eau douce où l'on introduit des animaux marins, celle-ci pénètre, par endosmose, dans leur sang et les gonfle en les tuant ainsi assez vite ou en les incommodant du moins dans une mesure considérable, ce qui se reconnaît, notamment, au ralentissement des battements du cœur (2).

Et si, chez les Holothuries par exemple, on a constaté expérimentalement que la perméabilité existe pour l'eau et pour les gaz (3), on connaissait bien, d'autre part,

(1) FREDERICQ, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1901, p. 69.

(2) Exemple, chez de jeunes *Littorina rudis*, nouvellement écloses, dont la coquille est encore transparente. Peut-être y a-t-il, pour les formes sténohalines, un optimum de densité ou de salinité pour assurer la fluidité de leurs albuminoïdes protoplasmiques, optimum étroit, en dehors duquel commencerait à se produire la coagulation. (CLAUTRIAU, *Optimum de salinité pour coaguler et fluidifier les albuminoïdes*. BULL. SOC. BELGE DE MICROSCOP., XVIII, 1892, p. 157.)

(3) HENRY et LELOIR, *Comptes rendus de la Soc. biol. Paris*, 1903, p. 1243.

antérieurement, la sténohalinité caractéristique du groupe des Échinodermes auquel elles appartiennent, et l'impossibilité de les adapter à la vie dans les cours d'eau.

Au contraire, il ne peut se produire ni pénétration d'eau douce ni gonflement consécutif, si la membrane est imperméable aux sels dissous et à l'eau, mais seulement perméable aux gaz. Et c'est cette imperméabilité de la membrane branchiale qui permet alors l'existence de différences de densité et de pression osmotique entre les deux milieux extérieur et intérieur.

Ainsi, on trouve, chez la généralité des animaux d'eau douce (d'origine marine conséquemment), un sang plus dense que cette eau douce (1), ayant gardé des sels du milieu extérieur primitif de leurs ancêtres (2). Tandis que le sang des Invertébrés marins sténohalins montre régulièrement une salinité égale à celle du fluide extérieur et un équilibre osmotique des deux liquides (3).

C'est ainsi encore que les Poissons osseux ont le sang moins salé que le milieu marin, dont la pression osmo-

(1) Écrevisse et Poissons (FREDERICQ, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1901, p. 444). — Anodonte (VOIT, *vide* KEFERSTEIN [*Bronn's Thierreich*, III, p. 412] : 0.0019 de substances inorganiques dans le sang, contre un milieu extérieur dix fois moins riche : 0.00018. — Confirmé par GRIESBACH [*Arch. f. Mikr. Anat.*, XXXVII : 0.001 de substances inorganiques]).

(2) BUNGE (1887).

(3) Chez *Doris tuberculata* de la Manche, j'ai trouvé, dans plusieurs exemplaires de grande taille, que le sang renferme 17.6‰ de chlore, ce qui correspond à une salinité de 3.2‰, extrêmement voisine de celle des eaux littorales de la Manche.

tique peut être trois fois plus forte (1). Et l'on connaît la facilité avec laquelle certains d'entre eux — l'Épinoche, par exemple (2) — passent indifféremment de l'eau de la mer dans celle des fleuves et inversement.

D. — Une dernière remarque à faire en cet endroit, c'est que les formes à respiration très active (3) ne sont généralement pas euryhalines. On sait d'ailleurs que le coefficient respiratoire des animaux vivant dans l'eau des rivières et des lacs est moindre que celui de la plupart des animaux marins (4).

Aussi, les larves chez lesquelles les échanges gazeux sont le moins rapides sont-elles presque seules aptes à bien supporter l'affaiblissement de la salinité et à s'adapter dans les eaux intérieures des continents.

*
* *

De sorte que, pour résumer à ce premier point de vue,

(1) DECKHUYSEN, *Arch. néerl. sciences exactes et natur.* (2), X, 1905, p. 121.

(2) GIARD, *Sur l'adaptation brusque de l'Épinoche aux eaux alternativement douces et salées* (COMPTES RENDUS DE LA SOC. BIOL. DE PARIS, LII, pp. 44 à 46). — Voir encore, à ce sujet, SIEDLECKI, *Sur la résistance des Épinoches aux changements de pression osmotique du milieu ambiant* (COMPTES RENDUS DE L'ACAD. DE PARIS, CXXXVII, p. 469, 1903), qui attribue au mucus branchial une influence imperméabilisante.

(3) Mollusques céphalopodes, Crustacés décapodes, Annélides polychètes.

(4) BOUNHIOL, *Respiration des Polychètes*. (ANN. DES SC. NAT. ZOOL., 1903, p. 116.)

on peut dire que, en général, les formes larvaires tolérant le mieux la diminution de salure, sont :

- a) celles des organismes vivant entre les limites du balancement des marées;
- b) parmi elles, celles dont les membranes respiratoires sont le moins perméables;
- c) parmi ces dernières, celles à respiration peu active.

*
* *

2° Une deuxième conclusion ressort de l'observation des embryons marins élevés dans l'eau dessalée : c'est que leur éclosion est retardée et qu'il y a un ralentissement de l'ontogénie, proportionnel à l'abaissement de la salinité ; c'est là un fait constant.

Mais mes observations ont porté plus spécialement sur des Mollusques, notamment : *Lacuna*, *Eolis*, *Hermaea*, *Nassa*, etc., où j'ai remarqué que les pontes placées dans l'eau de mer pure éclosent toujours plus tôt que dans l'eau de mer mélangée d'eau douce ; — chez les deux derniers, j'ai fait la constatation d'une façon un peu plus précise :

a) *Nassa reticulata* ; la durée du développement (entre le dépôt de la ponte et l'éclosion) est d'environ quatre semaines ; les pontes placées quelques jours avant l'éclosion dans le mélange $\frac{1}{3}$ éclosent trois jours plus tard ; — dans le mélange $\frac{3}{5}$, cinq jours plus tard.

b) *Hermaea bifida* ; la durée du développement est une dizaine de jours ; les pontes dans lesquelles les embryons sont déjà bien en rotation, placées dans le mélange $\frac{1}{3}$, éclosent deux jours plus tard ; dans le mélange $\frac{1}{2}$, trois jours plus tard.

Pour l'un et l'autre, le retard serait naturellement encore plus fort, si une plus grande partie du développement s'effectuait dans l'eau dessalée.

*
* *

Or, on connaît la fréquente suppression de stades larvaires, produisant l'abréviation générale de la vie « embryonnaire » dans les formes d'eau douce plus ou moins anciennement introduites de la mer (Écrevisse, Paludine, etc.).

La cause de ce raccourcissement de l'évolution ontogénique, chez ces animaux, peut donc se trouver, non pas dans une concurrence vitale moins active (comme on l'a plusieurs fois supposé), mais dans la nécessité de faire atteindre plus rapidement leur forme définitive par ces embryons, dont l'eau non salée ralentit ainsi le développement. De cette manière seulement, ils peuvent, en effet, éviter les dangers auxquels les exposerait une évolution plus prolongée encore que dans l'eau de mer (1).

(1) On peut ajouter ici la constatation que, parmi les formes marines qui résistent le mieux au développement dans l'eau dessalée, il s'en trouve assez bien qui sortent déjà de l'œuf avec la forme de l'adulte; exemples : *Palaemonetes*, *Purpura*, *Cenia*, etc ; tandis que celles qui ne peuvent poursuivre leur évolution, même dans l'eau faiblement dessalée, sont parmi les espèces qui sortent de l'œuf sous forme de larve nageuse (*Lamellaria*, *Philine*, etc.).

II.

1° RÉGIONS DE PÉNÉTRATION MAXIMUM.

Pour ce qui concerne la seconde question, il s'agit de reconnaître d'abord la partie de la Terre où l'on observe actuellement le plus grand nombre d'organismes d'eau douce très peu différents de formes océaniques.

En 1857, Ed. von Martens énonça à ce sujet le principe que « la ressemblance avec la faune marine augmente des Pôles vers l'Équateur (1) »; et il concluait que les animaux fluvio-lacustres seraient nés principalement dans les contrées équatoriales proprement dites. Mais cette opinion n'est pas unanimement partagée, et Pfeffer, par exemple, à propos des Mollusques (2), est même d'avis que les formes d'eau douce « ressemblent plus aux » types marins des régions froides qu'à ceux des Tropiques (3) ».

Au reste, beaucoup de genres fluviatiles se sont constitués avant la disparition complète de la faune marine universelle et la différenciation, au sein des Océans, de

(1) VON MARTENS, *Ueber einige Fische und Crustaceen der süßen Gewässer Italiens*. (ARCH. F. NATURGESCH., XXIII, 1857, p. 199.)

(2) PFEFFER, *Versuch über die erdgeschichtliche Entwicklung der jetzigen Verbreitungsverhältnisse unserer Tierwelt*, 1891, p. 53.

(3) Pour ce qui concerne les formes « d'eau douce », il y a naturellement à distinguer les espèces à respiration aquatique et celles à respiration pulmonaire (ces dernières étant, en fait, des animaux terrestres, il n'y a à tenir compte que des premières); relativement aux Mollusques gastropodes, cette distinction a déjà été signalée par ED. FORBES (*Zoogeological considerations on freshwater Molluscs* [ANN. MAG. NAT. HIST., VI, 1841]).

faunes tropicale et polaires distinctes : la paléontologie le prouve. Et l'uniformité relative des animaux fluviaux, au travers des différentes provinces zoologiques, confirme à la fois, et l'ancienneté de certains de leurs types, et l'opinion que les mêmes groupes sont euryhalins sur toute la surface de la Terre.

D'ailleurs, depuis que von Martens a exposé sa théorie de l' « origine tropicale », la connaissance des populations animales des eaux douces a grandement progressé. Et il est possible aujourd'hui de déterminer les lieux d'élection où se trouvent rassemblées le plus grand nombre de formes à aspect marin, paraissant d'introduction récente.

Parmi les mieux marqués, sont les deux suivants :

A. — Le pourtour de la mer Noire, avec les *Litho glyphus* du Danube, les *Dreissensia*, entrés dans tout le système européen par ce fleuve, le *Membranipora Lacroixi*, de son delta, les *Monodacna* et *Adacna* des lagunes d'eau douce et du cours inférieur de divers fleuves (jusqu'à 50 kilomètres dans le Dniéper) (1); les *Nereis* et *Némertien* du lac Paleostom près de Poti, en Mingrélie (2), les *Balanus* de ce même lac, du Dniester (3) et des lagunes du Delta du Danube (4).

(1) Beaucoup d'éléments de cette faune de pénétration de la mer Noire présentent d'étroites affinités pour des organismes de la Caspienne et proviennent sans aucun doute des mêmes ancêtres communs.

(2) TSCHERNIAWSKY (fide LEUCKART. *Bericht für 1868-1869*. [ARCH. F. NATURGESCH., 1871]).

(3) SCHMARD, *Geographische Verbreitung der Tiere*, I, 1, p. 59.

(4) PETERS, *Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien*, XXVII.

B. — Il y a un autre district de la Terre qui est encore plus particulièrement caractérisé à ce point de vue : c'est l'Indo-Chine et les pays avoisinants, archipel indo-malais, Birmanie, Bengale et Sud-Est de la Chine, c'est-à-dire l'ensemble du Sud-Est de l'Asie (1).

Et sans entrer dans des détails spéciaux au sujet de tous les groupes zoologiques, on pourra constater que c'est la seule région du monde qui possède, réunis dans divers de ses cours d'eau, une Actinie fluviale, un Turbellarié Polyclade d'eau douce, avec trois Bryozoaires Chilostomes, une Annélide Polychète, deux Raies, etc. (2).

(1) On a déjà remarqué, précédemment, le nombre inusité de types marinoïdes dans les eaux douces de ces parages (PELSENER, *Bull. du Mus. d'hist. nat. de Belgique*, IV, 1886, pp. 112-115). — COOKE, SHIPLEY and REED, *Molluscs and Brachiopods*, 1893, p. 305. — WEBER, *Die Süßwasser-Crustaceen des Indischen Archipels, nebst Bemerkungen über die Süßwasser-Fauna im Allgemeinen* (Zool. ERGEBNISSE EINER REISE IN NIEDERLANDISCHE OST-INDIEN, II, pp. 540, 541, 543).

(2) *Sagartia Schilleriana*, Stoliczka, à Port Canning, dans le Gange (*Journ. Bengale Asiat. Soc.*, XXXVIII, p. 53, 1869). — *Shelfordia*, von Stummel (*Ein Süßwasser Polyclade aus Borneo* [Zool. ANZEIGER, XXVI, p. 159, 1902]). — *Membranipora bengalensis*, Stoliczka, à Port Canning (*loc. cit.*). — *Flustra*, à Nagpur, sur un affluent du Godaveri (*Ann. Mag. nat. Hist.* (3), I, p. 168). — *Hinslopia*, eaux douces de l'Inde (SCHMARDT, *Zoologie*, II, p. 213). — *Caobangia Billett*, Giard. rivières du Haut-Tonkin (*Sur un type nouveau et aberrant de la famille des Sabellides* [COMPTES RENDUS DE LA SOC. BIOL. DE PARIS, XLV, 1893]). — Pour ce qui concerne les Crustacés, on connaît des *Penaeus*, dans le Gange, et de nombreux Isopodes (mêmes parasites), Amphipodes, Décapodes de genres marins, dans les eaux douces de l'archipel indo-malais (WEBER, *Die Süßwasser-Crustaceen des Indischen Archipels, nebst Bemerkungen*).

En me bornant d'ailleurs à la subdivision qui m'est le plus familière, je ferai observer que, pour les Molusques, cette partie de notre Globe est spécialement riche en formes fluviatiles de type marin, et que c'est là que bien des familles et même des ordres entiers, exclusivement océaniques ailleurs, ont leurs *seuls* représentants dans l'eau des fleuves (1).

kungen über die Süßwasser-Fauna im Allgemeinen [Zool. ERGEBNISSE EINER REISE IN NIEDERLANDISCHE OST-INDIEN, II, pp. 540, 544, 543]). — Quant aux Poissons, outre les deux Raies (*Raja fluviatilis*, dans le Gange, jusqu'à Cawnpur, à près de 1,800 kilomètres de l'embouchure; *Raja*, dans le cours supérieur du fleuve Capoeas [Bornéo]; HUNNIUS, *Arch. f. Naturgesch.*, XXXIV, p. 10), on notera encore, comme autres formes de genres marins : *Carcharias gangeticus*, à 60 heures de l'embouchure du Gange, et dans d'autres grands fleuves de l'Inde (*Geogr. Jahrb.*, 1876, pp. 161 et 183); divers *Syngnathus*, dans le Nord du Bengale, fleuve Kowarlayi (VON MARTENS, *Arch. f. Naturgesch.*, XXIII, p. 193) et autres fleuves indiens (DAY), eaux douces de Bornéo (WEBER, *Die Süßwasser-Fische des Indischen Archipels, nebst Bemerkungen über der Ursprung der Fauna von Celebes* [ZOOLOG. ERGEBN., III, p. 458]); *Cynoglossus*, Bornéo (WEBER, *Ibid.*, p. 452); *Belone*, *Engraulis* et *Clupea*, *Tetrodon*, *Pristis* et *Trigon* (*Ibid.*, pp. 456, 457, 458), et, en général, d'après WEBER (*Ibid.*, pp. 404, 468), la pénétration de nombreuses formes marines dans les eaux douces de diverses îles de l'archipel indien.

(1) Le seul Docoglosse de rivière (*Acmaea fluviatilis*, Blanford, dans le delta de l'Irawadi); le seul Rhipidoglosse diotocarde (*Phaneta Everetti*, Adams, dans la rivière Siniwan, Bornéo); le seul *Nerita* d'eau douce (*N. lineata*, Chemnitz, dans la rivière de Saïgon, jusqu'à 46 kilomètres de l'embouchure); le seul genre de Rachiglosse d'eau douce : *Canidia* (avec le sous-genre *Clea*), tout à fait spécial à la région, où il est représenté par au moins une quinzaine d'espèces, dans les rivières et lacs : Inde, Birmanie, Sumatra, Java, Bornéo, Malacca, Siam, Cambodge, Annam; parmi les Téniglosses, les seuls

2° FACTEUR FAVORISANT LA PÉNÉTRATION.

Relativement à cette seconde question, il nous faut rechercher ensuite quelle est, parmi les particularités spéciales aux districts susmentionnés, celle qui facilite

Cérithiides : *Cerithidea*, dans les eaux intérieures de Sumatra, Bornéo, Siam, Cochinchine et Tonkin, et *Brotia*, dans un affluent du Salouen (Birmanie); puis de nombreux genres de Hydrobiidae, voisins de *Lithoglyphus* : *Lacunopsis* (Birmanie et Cambodge); *Jullienia* (Cambodge); *Pachydrobia* (fleuves d'Indo-Chine [Siam, Cambodge] et Sud de la Chine, Sumatra, Bornéo), *Stenothyra* (tout le Sud-Est de l'Asie : Inde, Birmanie, Siam, Cambodge, Java, Bornéo); *Iravadia* (de Ceylan à Hong-Kong). — Parmi les Lamellibranches : le seul genre fluviatile de Arcidae : *Scaphula*, représenté par au moins quatre espèces dans l'Inde (tout le bassin du Gange, jusqu'à 4,600 kilomètres de la mer), la Birmanie et le Siam; le seul genre fluviatile de Pholadidae : *Martesia*, représenté par plusieurs espèces dans l'Inde, la Birmanie, le Siam et Bornéo (dans la rivière de Pantai, jusqu'à 19 kilomètres de l'embouchure); le seul genre fluviatile de Teredinidae : *Nausitora* (dans un bras du Gange, à 112 kilomètres de la mer); de nombreuses espèces de *Modiola*, depuis l'Inde jusqu'en Chine, dans les fleuves et les lacs du Siam, du Cambodge (à plus de 550 kilomètres de la mer : lac Tonlé-Sap, Tonkin, Sumatra, Célèbes, Philippines, Amboine, etc.; un *Novaculina* (Siam); un *Psammotellina* (à Java); le genre *Caecella* (aux Philippines); les seuls *Donax* fluviatiles (*D. faba*, fleuve Rouge, Tonkin; *D. saigonensis*, rivière de Saïgon); un *Lyonsia* fluviatile (Inde, *vide* DALL). — Enfin, ce qui est non moins caractéristique, une variété de formes saumâtres, parmi lesquelles un grand nombre sont spéciales à la région ou appartiennent à des familles ou genres exclusivement marins ailleurs : des *Potamides* (Cerithiidae), *Assimineae*, *Engina* (Columbellidae), *Littorina*, *Hedyle*, *Arca*, *Novaculina*, *Soletellina*, *Teredo*, etc.

l'immigration des organismes marins dans les eaux fluvio-lacustres.

A. — von Martens, en exprimant autrefois l'opinion que la ressemblance de la population fluviale avec celle de la mer est plus grande sous les Tropiques que dans les zones froides, expliquait cette « ressemblance » en disant que les fleuves et rivières offrent, dans les contrées tropicales plus que dans les pays froids, des conditions de chaleur (c'est-à-dire une constance de température) semblables à celles de la mer.

Rüttimeyer lui a déjà reproché (1) de n'avoir examiné qu'une seule face de la question, en ne considérant que le facteur calorifique seulement; et ce n'est pas de ce côté, en effet, qu'apparaît la solution. Car on sait, aujourd'hui, que les mers froides possèdent une constance de température au moins aussi grande que celles des Tropiques, et que les mers tempérées, seules, présentent une grande amplitude de variations thermiques (2). Mais on sait également que dans ces régions tempérées, les formes marines et leurs larves sont relativement très eurythermes, beaucoup plus, en tous cas, que celles des mers chaudes ou froides : c'est-à-dire qu'à ce point de vue, les habitants des diverses provinces zoologiques sont sensiblement placés dans des conditions équivalentes.

B. — D'autre part, Issel a défendu l'opinion que les

(1) RÜTIMEYER, *Ueber die Herkunft unserer Thierwelt*, 1867, p. 22.

(2) MURRAY, *On the annual Range of Temperature in the surface waters of the Oceans, and its Relation to other oceanographical Phenomena*, p. 44. (GEOGR. JOURN., 1898.)

organismes marins s'adaptent d'autant mieux à l'eau douce que celle-ci est plus chaude (1), ce qui, au fond, est assez en concordance avec les vues de von Martens.

Mais l'idée d'Issel, pour ce qui concerne les *adultes*, est manifestement controuvée par les expériences de Paul Bert (2) (confirmées par Gogorza [3]); car celles-ci ont démontré que la résistance des espèces océaniques à une égale diminution de salinité est d'autant plus grande que l'eau est *moins chaude*. Et il m'a été facile de vérifier qu'il en est absolument de même pour les larves et les embryons (4).

Si donc l'état thermique avait une action prédominante, ce seraient les pays les plus froids qui devraient offrir le maximum d'entrée d'animaux marins dans les eaux des fleuves et des lacs — ce qui est justement le contraire de ce que von Martens a cru établir, et ce qui est d'ailleurs

(1) ISSEL, *Saggio sulla fauna termale italiana*. (ATTI ACCAD. TORINO, XXXVI, pp. 53 et 265.)

(2) PAUL BERT, *Ann. des sciences nat. zool.* (5), VII, 1867.

(3) GOGORZA, *loc. cit.*, p. 242.

(4) Ce qu'on peut exprimer plus exactement en disant que la résistance est d'autant plus grande que la température est moins élevée au-dessus de l'optimum. — Ceci s'explique, au moins partiellement, par l'augmentation de perméabilité des tissus vivants pour l'eau et les substances dissoutes (VAN RYSELBERGHE, *Influence de la température sur la perméabilité du protoplasme vivant pour l'eau et les substances dissoutes* [BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 1901, pp. 217, 218]) et par le fait bien connu que le pouvoir osmotique croît avec la température absolue (proportionnellement au binôme de dilatation).

en désaccord avec les constatations qui viennent d'être faites (1).

C. — Puisque ce n'est pas le facteur température qui est prépondérant dans ces phénomènes de pénétration ou de non-pénétration, — c'est le facteur salinité (et la densité résultante) qui est essentiellement actif dans cette circonstance, par suite de son action différente sur les diverses sortes d'organismes d'une même mer (2).

(1) Au surplus, dans les estuaires des régions tempérées, l'eau est, en toute saison et à toute heure, plus chaude de 1 à 2° C. que l'eau de la mer (observations faites pendant plusieurs années sur le Wimereux, entre mars et mai et entre juillet et octobre), ce qui alors, dans l'hypothèse d'Issel, devrait y faciliter — aussi bien que dans les régions chaudes — l'introduction d'organismes marins. Mais le principal résultat de ce fait est simplement que, malgré un brassage suffisant au moment de la marée haute, il existe dans les estuaires un peu profonds une double cause d'ascension de l'eau douce vers la surface : 1° la moindre densité par absence de salure; 2° la moindre densité par température plus élevée. Et ainsi, la pénétration d'eau de mer vers le fond de ces estuaires y favorise l'entrée d'organismes du benthos marin, ce qui est confirmé, notamment, pour les régions polaires (à l'embouchure de la Petschora; Expédition du « Willem Barents »).

(2) On aurait tort de supposer que les cours d'eau tropicaux, en vertu de leur température plus élevée, dissolvent plus de sels marins par leur embouchure et montrent ainsi moins de différence de salure et de densité avec la mer; car les eaux de mer les plus chaudes ne sont pas les plus salées et les plus denses, malgré l'évaporation intense qui s'y produit. Et, en outre, les observations faites sur les estuaires tempérés, en différentes saisons de température variée, ne confirment pas que le facteur thermique soit le principal agent de

On peut, par conséquent, prévoir que l'acclimatation fluviale des êtres océaniques sera facilitée dans les régions où la différence de salure est moindre qu'ailleurs, *si peu que ce soit*, entre la mer et les cours d'eau qui y débouchent, et où, en même temps, la population animale marine est riche en nombreux éléments constituants (1). Ce serait ainsi surtout hors des océans et des mers le moins salés que la migration peut se produire.

Voyons, pour finir, si l'observation des faits est d'accord avec ces déductions théoriques.

*
* *

Nous avons reconnu plus haut, comme contrées carac-

l'augmentation de salure des eaux d'estuaire (MILL, *The Clyde sea area* [TRANS. ROY. SOC. EDINBURGH, XXXVI, p. 717]. — Pareillement, dans le Wimereux (Manche), au même endroit (700 mètres environ en amont des hautes mers), à des jours de même amplitude de marée, et au même moment de la marée, il n'a pas été observé de salure plus grande par une température plus élevée (soit dans la même saison, à des heures différentes : 7 heures du matin et 3 heures de l'après-midi; soit à la même heure, en des saisons différentes : mars-avril d'une part, août-septembre d'autre part). Parfois il a même été constaté l'inverse; le facteur principal des variations de salure étant, outre les pluies, l'action de la marée, c'est-à-dire le voisinage des pleines et des nouvelles lunes ou des quartiers. Et, dans le premier cas, pour un même point, une même amplitude et un même moment de marée, l'eau fluviale est plus salée que dans le second, quelle que soit la température de l'eau).

(1) C'est-à-dire une mer qui soit assez étendue pour qu'un afflux d'eau douce n'y appauvrisse pas la faune marine (comme dans la Baltique).

térisées par un maximum d'introduction de formes marines :

a) Dans la zone tempérée, le pourtour de la mer Noire;

b) Pour la zone tropicale, l'Indo-Chine, avec les côtes, voisines, du golfe du Bengale, de la mer de Chine et des îles indo-malaises.

Or :

a) On connaît la faible salure de la mer Noire : en moyenne 1.83 ‰ à la surface (densité : 1.014), et moins encore près des côtes.

Cette mer, reste occidental de la dépression aralo-caspienne, avait cessé, à partir du Sarmatique (Miocène supérieur), d'être en communication avec la Méditerranée, en constituant le bassin ponto-aralo-caspien du commencement du Pliocène.

La salure y baissa beaucoup (notamment dans la partie Caspienne, devenue un lac saumâtre, avec *Dreissensia*); et lorsque, aux temps pleistocènes, la mer Noire fut remise en communication avec la mer Égée, ses espèces sarmatiennes et pontiennes n'ont pu s'adapter à la salure actuelle (1); et une partie d'entre elles envahirent alors les fleuves tributaires, tandis que la mer Noire se peupla de formes méditerranéennes.

b) Si, d'une façon générale, il y a une faible teneur en sels au large de divers estuaires tropicaux, c'est, parmi toutes les régions tropicales, précisément la péninsule indo-chinoise qui est entourée par les eaux les

(1) On attribue à leur mort le gaz hydrogène sulfuré des couches profondes de cette mer, rendues ainsi azoïques.

moins salées et les moins denses du monde; car elles présentent un grand *cinquième d'eau douce de plus* que les Océans les plus salés.

La densité *moyenne* de l'eau de mer (à + 17°5 C.) est, en effet, supérieure de 252 dix-millièmes à celle de l'eau distillée et correspond à un peu plus de 3.28 de sels dissous pour cent; et sa densité maximum lui est supérieure de 310 dix-millièmes, avec 4.30 de sels pour cent. Mais la carte dressée par Buchan (1) (voir la planche ci-jointe) montre qu'il n'y a qu'une *seule partie* de la Terre où la densité superficielle de cette eau soit inférieure de 30 dix-millièmes à la moyenne générale et de 78 dix-millièmes au maximum : c'est le golfe du Bengale et le Sud de la mer de Chine (2), — soit le pourtour de la presqu'île indo-chinoise, — et une seule où elle lui soit inférieure de 25 dix-millièmes : c'est la mer entre le Nord de Bornéo et les Philippines (3).

(1) BUCHAN, *Specific gravities and oceanic circulation*. (TRANS. ROY. SOC. EDINBURGH, XXXVIII, Map 1.)

(2) L., *Ibid.*, pp. 325, 326 : « The absolutely lowest specific gravity, 1.0222 or 0.0030 under the general mean of the Oceans, is found in the Bay of Bengal and the western part of the China Sea. Nowhere in the inter-tropical regions does the salinity of the Ocean fall to so low a point as it does over this extensive region. »

(3) La carte de Buchan indique les densités calculées à la température *in situ*, et il est naturel de la choisir plutôt qu'une carte de densité pour une température uniforme, ce qui serait alors une carte de salinité proprement dite. D'ailleurs, sur une carte de salinité proprement dite (ou de densité calculée pour une température uniforme), la « densité » est alors de 15 dix-millièmes inférieure à la moyenne, c'est-à-dire moindre aussi que partout ailleurs, sauf dans la région des

C'est donc là que l'eau de mer offre, à ce point de vue, le moins de différence avec l'eau des fleuves (1) — qui n'est pas d'ailleurs, comme on sait, de l'eau pure, distillée, mais qui possède toujours un poids spécifique un peu supérieur à l'unité.

* * *

Et si les eaux marines de cette contrée sont moins denses que partout ailleurs, — si, d'autre part, ce même territoire offre, plus qu'aucun autre, un grand nombre de formes d'origine marine, récemment immigrées dans ses eaux intérieures, — il est clair qu'il y a, dans cette simultanéité, autre chose qu'une simple coïncidence : l'observation et l'expérience montrent, toutes deux également, que le second fait est bien la conséquence du premier.

D. — Quant à l'origine de cette faible salure, elle se

glaces flottantes, où la fusion de la glace (sans sels, comme on sait) abaisse la salinité superficielle (voir : Challenger Expedition, *Summary of the Results, Oceanic Circulation*, by BUCHAN, pl. I. Cette distribution de la salinité superficielle est confirmée par la carte plus récente de SCHOTT [Deutsche Tiefsee Expedition, 1898-1899, Bd I, pl. XXXIII, montrant une salinité particulièrement basse, au-dessous de 32 ‰, à l'Ouest de la presqu'île de Malacca, au Sud-Est de Malacca et au Sud de Bornéo. Cette carte se trouve aussi dans *Petermann's Mitteilungen*, 1902, pl. IX]).

(1) Cette densité, étant une moyenne *annuelle*, est plus faible naturellement dans la saison des grandes pluies, c'est-à-dire en été, pendant les temps calmes de cette région d'alizés; et elle est — comme partout — moindre encore à la côte qu'au large.

trouve elle-même dans le régime des pluies des pays dont il s'agit (1).

En effet :

a) Sur l'Est de la mer Noire, il tombe annuellement plus de 2 mètres d'eau de pluie (2), et d'autre part;

b) Le Sud-Est de l'Asie est caractérisé par le nombre et l'importance de ses précipitations atmosphériques; car c'est, de la Terre entière, la province naturelle *le plus arrosée de pluies* (3) : le maximum est à l'Est et à l'Ouest de l'Indo-Chine et sur les îles indo-malaises. Chaque année, la mer de Chine reçoit 2^m85 de pluie (4), le littoral Nord-Ouest de la presqu'île indo-chinoise, de 2 à 5 mètres (à Cherapunji — au Nord-Est de l'Inde — 11^m789 : moyenne annuelle de trente-trois ans, avec un maximum de près de 20 mètres à certaines années).

* * *

Malgré l'évaporation due à une chaleur élevée (5), on s'explique ainsi que la densité de l'eau de mer y soit

(1) BUCHAN, *Oceanic Circulation*, p. 13 (Challenger Expedition : *Summary of the Results*).

(2) BARTHOLOMEW, *Physical Atlas*, Meteorology, pl. XXI.

(3) C'est ce que montrent : l'ancienne carte de LOOMIS (BERGHAUS, *Physikalischer Atlas*, 3^e édit., 1892, pl. XXXVII), celles, plus récentes, de HERBERTSON (BARTHOLOMEW, *Physical Atlas*, Meteorology, 1899, pl. XVIII), ainsi que la carte des pluies sur les mers (SUPAN, *Die jährliche Niederschlagsmengen auf den Meeren* [PETERMANN'S MITTHEILUNGEN, 1896, p. 178, pl. XIII]).

(4) Hauteur d'eau qui couvrirait le sol s'il n'y avait ni absorption par celui-ci, ni écoulement, ni évaporation.

(5) Car la température n'y est *jamais inférieure* à + 24° C., et autour de Bornéo, elle est même toujours supérieure à + 26°.

moindre qu'aux pôles et que, de toute la surface des Océans, ce soit, de beaucoup, la partie *le moins salée*.

Dès lors, il n'est pas étonnant que là, plus facilement et en plus grand nombre que partout ailleurs, des animaux marins aient pu pénétrer dans les estuaires et, de là, dans les eaux fluvio-lacustres, et s'habituer à y vivre.

On arrive donc à cette règle, qui semble paradoxale à première vue — ou du moins dans laquelle il n'y a pas de relation immédiatement sensible entre les deux termes qui y figurent : — c'est que les districts d'immigration maximum sont *ceux où il pleut le plus*.

Cette relation, en apparence peu importante, du régime des pluies avec l'acclimatation fluviale des animaux marins, est cependant toute naturelle, puisque c'est dans les régions des grandes pluies, non seulement que la salinité des mers est le plus affaiblie, mais encore que prennent naissance les plus larges cours d'eau, c'est-à-dire les meilleures voies de pénétration.

Mais la distribution des pluies, ainsi que celle des mers voisines des Terres et celle des portions de continents proches des Océans, n'ont pas été toujours ce qu'elles sont aujourd'hui (1). Et à des époques précédentes, d'autres contrées que l'Indo-Chine ont pu être le centre d'introduction dans l'eau douce, d'organismes marins, que de longs fleuves ont fait rayonner alors dans toute l'étendue des Terres continentales.

(1) En outre, — on est généralement d'accord sur ce point, — les Océans ont été jadis moins salés qu'aujourd'hui, les sels qui s'y trouvent dissous n'ayant été que progressivement enlevés aux continents.

Conclusion.

En résumé, dans le phénomène naturel de la constitution des faunes fluviales, ce n'est pas le facteur température élevée (propre à toute la zone tropicale), mais le facteur faible salure et faible densité, aujourd'hui spécial notamment à la province indo-chinoise (1), qui est l'agent prédominant, permettant l'adaptation d'espèces océaniques dans les eaux douces.

Une fois de plus, il est donc prouvé que les particularités de la distribution des êtres vivants dans l'espace sont toujours explicables par l'examen de leurs conditions physiques d'existence.

*
* * *

Il fut un temps, qui n'est pas encore bien loin, où la géographie des organismes consistait en de simples relevés statistiques, en de sèches listes d'animaux et de plantes. Mais de cette biogéographie, les exigences actuelles de la biologie réclament davantage; car un catalogue faunique ou floral n'est pas suffisant pour constituer l'histoire naturelle d'un pays.

Pour que les études biogéographiques soient fructueuses, pour que leurs résultats puissent être comparables et susceptibles de généralisation et d'explication, il faut qu'elles soient guidées par la détermination des

(1) Et, dans la région tempérée, au pourtour de la mer Noire.

circonstances physiques générales : topographiques, hypsométriques, géologiques, climatologiques, etc., et, pour ce qui concerne les êtres aquatiques, par celle de la profondeur, composition, densité et mouvement des eaux, distribution de la température et de la lumière, en un mot, par la géographie physique, et, pour les organismes de la mer, par l'océanographie.

Car tout ce qui vit sur la Terre dépend des particularités géophysiques du milieu. Tous les phénomènes naturels ont une sorte d'enchaînement : chacun d'eux est la conséquence d'un autre et devient à son tour la cause d'un troisième. Et la fonction de la science est de rechercher les liens qui les unissent, c'est-à-dire de reconnaître leur déterminisme. Ainsi seulement on peut arriver à embrasser, dans toute sa splendeur, une vision à la fois simple et admirable de l'unité de la nature, suivant une marche dont la fatalité même fait la grandeur.

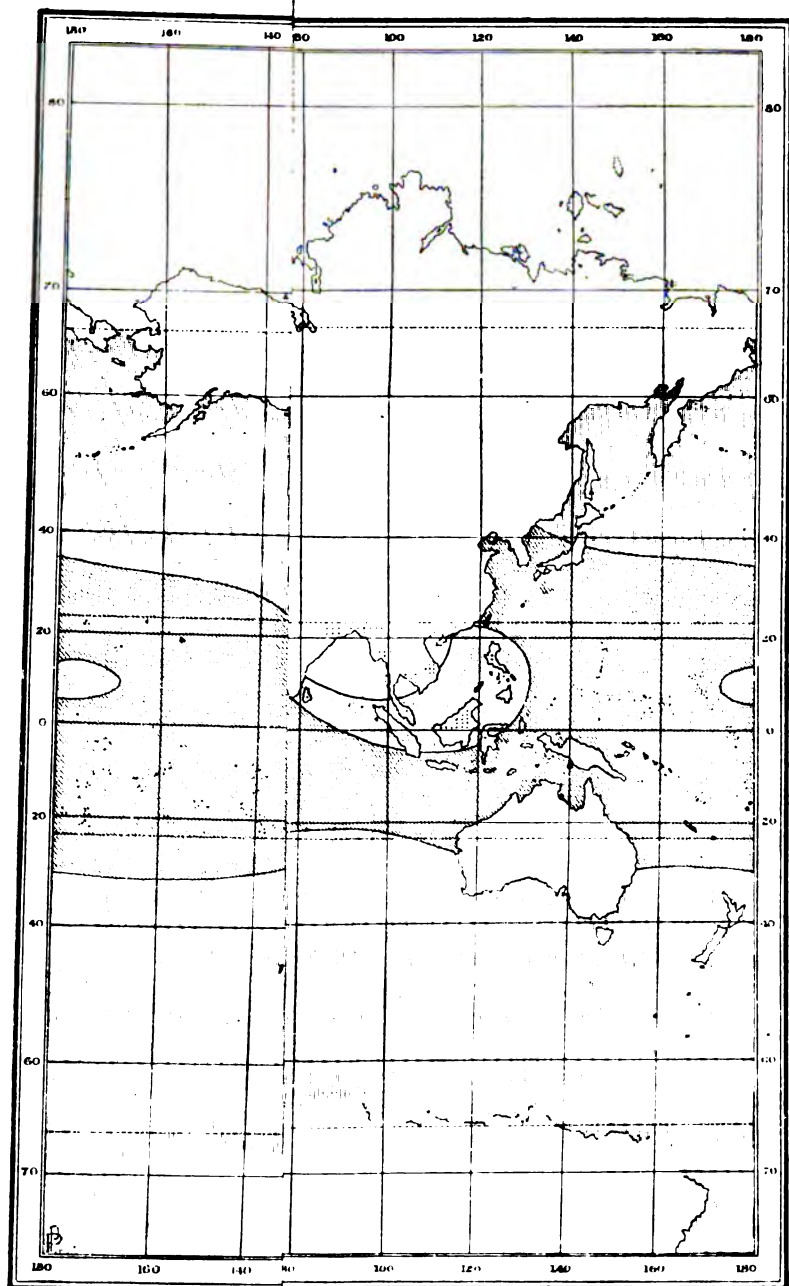
Voilà pourquoi aussi l'étude des êtres vivants est toujours inséparable de celle de la géographie physique des régions qu'ils habitent, et pourquoi bien des progrès, dans ce dernier domaine, sont dus à des biologistes.

La preuve s'en trouve dans la part prépondérante prise par les naturalistes à l'édification de cette science toute moderne de l'océanographie, vaste ensemble de connaissances, qui forme une branche si importante de la géographie physique.

Et sans vouloir, en aucune façon, diminuer le mérite des hydrographes proprement dits, il est permis de constater qu'ils ont essentiellement traité l'océanographie comme une « science appliquée » aux besoins pratiques

de la navigation. Tandis que, par l'influence des naturalistes, et par leur intervention ininterrompue, l'océanographie a été promue à la dignité de science pure. Et c'est seulement depuis les grandes explorations scientifiques maritimes (qui étaient principalement biologiques et à plusieurs desquelles un de nos membres les plus connus, feu le professeur A. Renard, fut si étroitement mêlé), c'est depuis une trentaine d'années, en effet, que cette science s'est constituée indépendamment et qu'elle a réalisé ses plus grands progrès.

J'ajouterai — et c'est par là que je termine — que s'il est un pays où l'étude de l'océanographie devrait être particulièrement en honneur, c'est celui d'Ortélius, de Mercator, de Simon Stévin et de Quetelet; d'Ortélius, qui publia, en 1574, le premier atlas géographique; de Mercator, qui inventa le système de projection universellement employé pour les cartes marines; de l'illustre Brugesois Simon Stévin, qui conçut le premier la théorie des marées et écrivit l'un des premiers traités didactiques de navigation; d'Adolphe Quetelet, une des gloires de cette Académie, sous la direction duquel s'est réunie, à Bruxelles (en 1853), la première conférence maritime internationale, qui introduisit une méthode uniforme dans les observations hydrographiques et météorologiques faites à la mer et rendit ainsi possibles les premiers progrès de la science océanographique.





EXPLICATION DE LA CARTE.

Planisphère représentant en partie la densité de la surface des mers, d'après Buchan (1896).

La partie laissée en blanc présente une densité inférieure à 1.0222; le pointillé indique une densité inférieure à 1.0227; les hachures obliques, une densité inférieure à la moyenne 1.0252, et les hachures verticales, une densité supérieure à cette dernière moyenne.

Les points marqués sur les régions continentales indiquent les formes génériques de type marin, vivant dans l'eau douce (mer Noire et région indo-chinoise).

M. le Secrétaire perpétuel proclame, de la manière suivante, les résultats des concours et des élections :

CONCOURS ANNUEL DE LA CLASSE (1905).

La Classe a adopté les conclusions des rapports des commissaires sur les mémoires en réponse aux questions suivantes :

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

PREMIÈRE QUESTION.

Compléter par de nouvelles recherches nos connaissances sur les combinaisons formées par les corps halogènes entre eux (Fl, Cl, Br, I).

La médaille d'or de *mille francs* est décernée à l'auteur du mémoire, M. Paul Lebeau, professeur agrégé à l'École supérieure de pharmacie, à Paris.

TROISIÈME QUESTION.

On demande une contribution importante à la théorie des complexes de droites du troisième ordre, par exemple l'étude des complexes représentés par une équation de la forme

$$\alpha\beta\gamma - K\alpha'\beta'\gamma' = 0,$$

où $\alpha = 0, \beta = 0, \dots$ sont les équations de complexes linéaires, K un paramètre.

La Classe ajourne la décision à prendre sur les conclusions des rapports.

SCIENCES NATURELLES.

DEUXIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur la reproduction et la sexualité des Dicyémides. L'embryon infusoriforme est-il vraiment le mâle de ces parasites? On désire voir établir un parallèle entre la génération des Rhombozoaires d'une part et celle des Protozoaires de l'autre.

La médaille d'or, d'une valeur de *mille francs*, est décernée à l'auteur du mémoire, M. le Dr Max Hartmann, Privat-docent à Giessen.

SIXIÈME QUESTION.

Il existe un assez grand nombre de végétaux dioïques (divers OEDOGONIUM, les Muscinées dioïques, etc.) chez les-

quels un même œuf donne naissance, par suite de division, à plusieurs individus. On demande des recherches expérimentales sur la question de savoir si ces individus sont toujours nécessairement de même sexe.

La médaille d'or, d'une valeur de mille francs, est décernée aux auteurs du mémoire, MM. Élie Marchal, conservateur honoraire du Jardin botanique de l'État, à Gembloux, et Émile Marchal, professeur à l'Institut agricole de l'État, tous les deux demeurant à Gembloux.

SEPTIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur le développement de l'Amphioxus, spécialement sur la segmentation, la fermeture du blastopore, la genèse de la notochorde, du névraxe et du mésoblaste. On désire voir élucider la question de savoir si le chevauchement que l'on observe, chez l'adulte, entre les organes homodynames de droite et de gauche, est primitif ou secondaire.

La médaille d'or, d'une valeur de mille francs, est décernée à l'auteur du mémoire, M. Paul Cerfontaine, chef des travaux zoologiques et embryologiques de l'Université de Liège.

PRIX PERPÉTUELS.

PRIX CHARLES LEMAIRE

QUESTIONS RELATIVES AUX TRAVAUX PUBLICS.

(Septième période : 1^{er} juillet 1903 au 30 juin 1905.)

La Classe, ratifiant les propositions du jury chargé de juger les travaux imprimés soumis à ce septième concours, a décerné le prix de 1,400 francs à M. Ém. Camerman, ingénieur-chimiste des chemins de fer de l'État, pour ses travaux sur la *Résistance des mortiers hydrauliques à la mer*.

PRIX JEAN-SERVAIS STAS,

Conformément à la demande de la Commission qui a édité les œuvres de Jean-Servais Stas, cette publication est offerte à M. le docteur en médecine Fernand Malengreau, de Saint-Ghislain, qui a obtenu avec la plus grande distinction, à l'Université de Louvain, le doctorat en sciences naturelles (groupe des sciences chimiques).

PRIX THÉOPHILE GLUGE

FONDÉ EN FAVEUR DE LA PHYSIOLOGIE.

(Deuxième période : 1903-1904.)

La Classe a décerné le prix de *mille francs* à M. le Dr Léon Plumier, assistant à l'Université de Liège, pour ses différents mémoires sur la circulation pulmonaire.

Le jury a exprimé le regret de ne pouvoir décerner des récompenses analogues aux quatre autres concurrents : MM. le Dr Falloise, C. Fleig, M^{lle} J. Ioteyko et M. le Dr Zunz.

--

PRIX CHARLES LAGRANGE

POUR LA PHYSIQUE DU GLOBE.

(Première période : 1901-1904).

La Classe offre tous les quatre ans un prix de *douze cents francs* à l'auteur (belge ou étranger) du meilleur ouvrage, imprimé ou manuscrit, répondant aux vues du fondateur.

Pour la première période, deux mémoires *sur la constitution de la Terre* ont été soumis au jury.

La Classe, adoptant les conclusions du rapport des commissaires, décerne le prix à M. le Prof^r-Dr O. Hecker, collaborateur permanent de l'Institut royal de géodésie de Prusse, pour son travail intitulé : *Bestimmung der*

Schwerkraft auf dem Atlantischen Ocean (L'intensité de la pesanteur dans l'océan Atlantique).

Des remerciements ont été votés à M. le Dr Wilhelm Schweydar, assistant à l'Observatoire de Potsdam, pour son travail intitulé : *Untersuchung der Oscillationen der Lotlinie* (Sur les oscillations de la verticale).

CONCOURS DU GOUVERNEMENT.

PRIX DÉCENNAL DES MATHÉMATIQUES PURES.

(Première période : 1894-1903.)

Sur la proposition du jury, le Roi, par son arrêté du 25 avril 1903, a décerné le prix à M. Ch.-J. de la Vallée Poussin, de l'Académie et de l'Université de Louvain, pour ses travaux sur l'arithmétique supérieure et sur la haute analyse.

ÉLECTIONS.

La Classe a eu le regret de perdre :

1° Dans sa Section des sciences mathématiques et physiques : MM. F. Folie, membre titulaire; Otto Struve et Alex. de Colnet d'Huart, associés.

2° Dans sa Section des sciences naturelles : MM. Léo Errera, membre titulaire; B. Renault et Walther Flemming, associés.

Elle a élu :

1^o Dans sa séance du 3 juin :

Membre titulaire (Section des sciences mathématiques),
M. Maurice Delacre, déjà correspondant.

Associé (Section des sciences naturelles), M. Élie
Metchnikoff, sous-directeur de l'Institut Pasteur, à Paris.

2^o Dans sa séance du 13 décembre 1905 :

Associés (Section des sciences mathématiques et physiques), MM. H.-G. Van de Sande-Bakhuysen, directeur de l'Observatoire de Leide, et le Dr Gustave Le Bon, à Paris.

Correspondant (même Section), M. Alphonse Demoulin, professeur à l'Université de Gand.

Membre titulaire, sauf approbation royale (Section des sciences naturelles), M. A. Gravis, déjà correspondant.

Associé (même Section), M. Robert Koch, professeur à l'Université de Berlin.



OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Cesàro (G.). Trajectoire lumineuse et distance zénithale dans une atmosphère formée de couches planes parallèles. Bruxelles, 1905; extr. in-8° (15 p.).

Delacre (Maurice). Le droit de réponse à l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique. S. l., 1905; in-8° (14 p.).

Lecointe (G.). Résultats du voyage du *S. Y. Belgica*. Rapports : Travaux hydrographiques et instructions nautiques, 1^{er} fascicule. Bruxelles, 1905; in-4° (110 p., 29 pl. et 7 cartes).

Perrot (Ém.) et De Wildeman (E.). Léo Errera. Paris, 1905; extr. in-8° (4 p., portrait).

Bethune (Baron de). Erasmus Causse, een Kortrijksche schrijver en kunstenaar, 1660-1730. Gand, 1905; extr. in-8° (33 p.).

Delwaide. Le droit subjectif individuel et social. Discours à l'audience de rentrée du 2 octobre 1905, la Cour d'appel de Liège. Liège, 1905; in-8° (54 p.).

Arctowski (Henryk). Projet d'une exploration systématique des régions polaires. Bruxelles, 1905; in-8° (25 p.).

Zunz (Edgar). Contribution à l'étude de la digestion des albumoses dans l'estomac et dans l'intestin grêle. Bruxelles, 1905; extr. in-8° (20 p.).

Zunz (Edgar) et Mayer (Léopold). Sur les effets de la ligature des canaux pancréatiques chez le chien. Bruxelles, 1905; extr. in-8° (43 p.).

PRAGUE. *Königl. Gesellschaft der Wissenschaften*. Jahresbericht, 1904. Sitzungsberichte, 1904.

VIENNE. *Geologische Reichsanstalt*. General-Register der

Bände XLI-L des Jahrbuches und der Jahrgänge 1891-1900 der Verhandlungen. Vienne, 1905; in-8°.

— *K. K. Universitäts-Sternwarte*. Annalen, Band XV und XVIII, 1905; 2 vol. in-4°.

MANILLE. *Department of the Interior. Bureau of Government Laboratories*. I. Description of new buildings. II. A Catalogue of the library. 1905; in-8°.

FRANCE.

Albert I^{er} de Monaco (S. A. S. *le prince*). Résultats des campagnes scientifiques, 31^e fascicule, 1905; in-8°.

Berthelot (Marcel). *Traité pratique de calorimétrie chimique*, 2^e édition. Paris, 1905; in-8° (xiii-317 p.).

Vial (Louis-Charles-Émile). *Les erreurs de la science*. Paris, 1905; in-18 (293 p.).

Alsina (Fernando). *Nouvelles orientations scientifiques*. Ouvrage traduit du catalan, par J. Pin y Soler. Paris [1905] (166 p.).

Margerie (Emm. de). *La carte bathymétrique des Océans et l'œuvre de la Commission internationale de Wiesbaden*. Paris, 1905; extr. in-8° (16 p.).

BORDEAUX. *Société linnéenne*. Actes, volume XLIX, 1904.

CETTE. *Station zoologique*. Série mixte, mémoire n° 2 : *Recherches sur la flore pélagique de l'étang de Thau* (Jules Pavillard). 1905.

— *La station géologique de Cette, son origine, son évolution, son organisation actuelle* (Le Calvet). 1905.

DIJON. *Académie des sciences, arts et belles-lettres*. *Mémoires*, tome IX, 1903-1904.

ANGERS. *Société industrielle et agricole*. Bulletin, 1904.

LILLE. *Société géologique*. Annales, tome XXXIII, 1904.

LYON. *Société linnéenne*. Annales, tome LI, 1905.

— *Société d'agriculture, sciences et arts*. Annales, tome II, 1904.

— *Académie des sciences*. Mémoires, tome VIII, 1905.

MARSEILLE. *Musée d'histoire naturelle*. Annales, tome IX, 1^{re} partie, 1904-1905; in-4°.

ROUEN. *Académie des sciences, belles-lettres et arts*. Précis analytique, 1903-1904.

PARIS. *Société zoologique*. Tables du Bulletin et des Mémoires (1876 à 1895), par François Secques. 1905; in-8°.

—

ITALIE.

Piolti (Gius.). Sull' alterazione della Iherzolite di Val della Torre (Piemonte). Turin, 1905; extr. in-8° (16 p.).

Galilei. Le opere di Galileo Galilei, volume XVI. Florence, 1905; in-4°.

[Stampolo (Luigi).] Onoranze funebri e Elogio. Palerme, 1905; in-8° (93 p.).

MODÈNE. *Regia Accademia di scienze, lettere ed arti*. Memorie, volume V, 1905; in-4°.

—

BOIS-LE-DUC. *Provinciaal Genootschap van kunsten en wetenschappen in Noordbrabant*. Scheiding van Maas en Waal, door E. Van Konijnenburg. 1905.

MADRID. *Real Accademia de ciencias*. Memorias, tomo XXII, 1905.

—

La Bibliothèque de l'Académie a reçu en outre, pendant l'année 1903, les Revues ainsi que les publications des Institutions suivantes :

Anvers. *Société de médecine.* — *Société médico-chirurgicale.* — *Société de pharmacie.*

Bruxelles. *Académie royale de médecine.* — *Annales de médecine vétérinaire.* — *Annales des mines.* — *Annales des travaux publics.* — *Association belge de photographie.* — *Association belge des chimistes.* — *Bulletin mensuel de la station géophysique d'Uccle.* — *Bulletin de statistique démographique et sanitaire.* — *Ciel et Terre.* — *Instituts Solvay.* — *Ministères des Affaires étrangères, de l'Agriculture, de l'Intérieur, du Travail.* — *Moniteur belge.* — *Moniteur industriel belge.* — *Presse médicale belge.* — *Revue de l'Université.* — *Sociétés : d'agriculture, d'anthropologie, d'astronomie, royale de botanique, d'électriciens, entomologique, de géologie et d'hydrologie, royale zoologique et malacologique, royale de médecine publique, de microscopie, des sciences médicales et naturelles, scientifique.*

Gand. *Société de médecine.*

Huy. *Cercle des sciences et des beaux-arts.* — *Cercle des Naturalistes.*

Liège. *Écho vétérinaire.* — *Société géologique de Belgique.* — *Société médico-chirurgicale.*

Berlin. *Kön. Akademie der Wissenschaften.* — *Deutsche chemische Gesellschaft.* — *Geologische Gesellschaft.* — *Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte.*

Bonn. *Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande und Westphalens.*

Brême. *Naturwissenschaftlicher Verein.*

Brunswick. *Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie.* — *Physikalische Gesellschaft.* — *Meteorologisches Institut.*

Budapest. *Institut royal de géologie. — Académie des sciences.*

Charlottenbourg. *Physikalische-technische Reichsanstalt.*

Cracovie. *Académie des sciences.*

Francfort-sur-Main. *Senckenberg. naturforsch. Gesellschaft.*

Francfort-sur-Oder. *Naturwissenschaftlicher Verein.*

Göttingen. *Kön. Gesellschaft der Wissenschaften.*

Halle. *Naturwiss. Verein für Sachsen und Thüringen.*

Heidelberg. *Naturhistorischer Verein.*

Iéna. *Medizinisch-naturwissenschaftliche Gesellschaft.*

Leipzig. *Beiblätter zu den Annalen der Physik und Chemie. — Kön. Gesellschaft der Wissenschaften. — Zoologischer Anzeiger.*

Munich. *Kön. Akademie der Wissenschaften.*

O-Gyalla. *Institut météorologique.*

Prague. *Académie tchèque des sciences. — Kön. Gesellschaft der Wissenschaften. — Société mathématique.*

Strasbourg. *Société des sciences, agriculture et arts.*

Vienne. *Kaiserl. Akademie der Wissenschaften. — Anthropologische Gesellschaft. — Kais. geologische Reichsanstalt. — Monatshefte für Mathematik und Physik. — Kais. naturhistorisches Hofmuseum.*

Wurzburg. *Physikal.-medizinische Gesellschaft.*

Universités de Fribourg-en-Brisgau, Giessen, Heidelberg, Kiel, Marbourg, Strasbourg, Tubingue et Vienne.

Copenhague. *Institut météorologique. — Société royale des sciences.*

Albany. *University of the State of New York.*

Baltimore. *Johns Hopkins University.*

Berkeley. *University.*

Boston. *Academy of arts and sciences. — Natural History Society. — Astronomical Journal.*

Brooklyn. *Institute of arts and sciences.*

Buenos-Ayres. *Sociedad científica Argentina.*

- Cambridge. *Museum of compar. zoölogy.* — *Observatory.*
 Chicago. *Field Columbian Museum.* — *Yerkes Observatory.*
 Cincinnati. *Lloyd library.*
 Columbia. *University of Missouri.*
 Cordova. *Academia de ciencias.*
 Granville. *Denison University.*
 Halifax. *Nova-Scotian Institute.*
 Ithaca. *Journal of physical chemistry.*
 Laurence. *The Kansas University.*
 Lima. *Cuerpo de ingenieros de minas.*
 Lincoln. *University of Nebraska.*
 Madison. *Wisconsin Academy.*
 Mexico. *Observatorio.* — *Sociedad de historia natural.*
 Montevideo. *Universidad.*
 Mont-Hamilton. *Lick Observatory.*
 Montréal. *Natural history Society.*
 New-Haven. *Journal of sciences.*
 New-York. *Academy of sciences.* — *Mathematical Society.*
 — *Museum of natural history.*
 Para. *Museu.*
 Philadelphie. *Academy of natural sciences.* — *Franklin*
Institute. — *The american Naturalist.* — *Philosophical*
Society. — *Historical Society.*
 Rochester. *Academy of sciences.* — *Geological Society.*
 Saint-Louis. *Academy of sciences.*
 Salem. *Essex Institute.*
 San-Francisco. *California Academy of sciences.*
 Santiago de Chili. *Société scientifique.*
 Toronto. *Canadian Institute.*
 Urbana. *Illinois State laboratory.*
 Washington. *Department of Agriculture.* — *U. S. national*
Museum. — *Smithsonian Institution.* — *U. S. Geological*
Survey.

- Amiens. *Société industrielle.*
Bône. *Académie d'Hippone.*
Bordeaux. *Société des sciences physiques et naturelles.*
Caen. *Société linnéenne.*
Dax. *Société de Borda.*
Le Havre. *Société d'études diverses.*
Lille. *Société géologique du Nord.*
Lyon. *Université.*
Marseille. *Société scientifique industrielle.*
Montpellier. *Académie des sciences et des lettres.*
Nancy. *Société des sciences.*
Nantes. *Société des sciences naturelles.*
Paris. *Académie de médecine.* — *Bulletin scientifique* (Giard). — *École normale supérieure.* — *École polytechnique.* — *Journal de l'agriculture.* — *Le Cosmos.* — *La Nature.* — *Le Progrès médical* — *Ministère de l'Instruction publique.* — *Moniteur scientifique.* — *Muséum d'histoire naturelle.* — *Revue générale des sciences.* — *Revue scientifique.* — *Sociétés : d'agriculture, d'anthropologie, astronomique, de biologie, chimique, géologique, mathématique, météorologique, philomatique, zoologique.*
Toulouse. *Société d'histoire naturelle. Université.*
- Adelaïde. *Royal Society of South Australia.*
Birmingham. *Philosophical Society.*
Calcutta. *Asiatic Society of Bengal.* — *Meteorological Department.* — *Geological Survey.*
Cambridge. *Philosophical Society.*
Dublin. *Royal Irish Academy.* — *Dublin Society.*
Édimbourg. *Botanical Society.* — *Geological Society.* — *Physical Society.* — *Royal Society.* — *Laboratory of the R. College of physicians.*
Glasgow. *Geological Society.*
Le Cap. *Philosophical Society.*

Londres. *Anthropological Institute*. — *Royal Astronomical Society*. — *Chemical Society*. — *Geological Society*. — *Institution of mechanical Engineers*. — *Royal Institution of Great Britain*. — *Linnean Society*. — *Mathematical Society*. — *Meteorological Society*. — *Royal Society*. — *Royal Microscopical Society*. — *Nature*. — *Zoological Society*.

Newcastle-upon-Tyne. *Institute of mining and mechanical Engineers*.

Sydney. *Linnean Society*. — *R. Society of N. S. Wales*.

Victoria. *Royal Society of Victoria*.

Florence. *Società entomologica italiana*. — *Rivista scientifico-industriale*.

Milan. *Società di scienze naturali*. — *R. Istituto di scienze*. — *Museo di storia naturali*.

Modène. *Società dei naturalisti*. — *Stazione agrarie*.

Naples. *Società reale*.

Padoue. *Società veneto-trentina di scienze naturali*.

Palerme. *Circolo matematico*.

Pise. *Società toscana di scienze naturali*. — *Il nuovo cimento*.

Rome. *Reale Accademia dei Lincei*. — *Associazione elettrotecnica*. — *Comitato di artiglieria e genio*. — *Comitato geologico*. — *Gazetta chimica*. — *Ministero dei lavori pubblici*. — *Ministero d'agricoltura, industria e commercio*. — *Società zoologica*.

Turin. *Accademia reale delle scienze*.

Venise. *R. Istituto di scienze*.

Amsterdam. *K. Akademie van wetenschappen*. — *Société mathématique*.

Batavia. *Genootschap van kunsten en wetenschappen*. — *Natuurkundige Vereeniging*.

Buitenzorg. *Jardin botanique*.

Harlem. *Société hollandaise des sciences.*

Leyde. *Nederlandsche dierkundige Vereeniging.*

Bucarest. *Institut météorologique. — Ministère de l'Instruction publique. — Société des sciences physiques.*

Jassy. *Société scientifique et littéraire.*

Dorpat. *Université. — Naturforschende Gesellschaft.*

Kazan. *Université impériale.*

Moscou. *Société impériale des Naturalistes.*

Nowa-Alexandrya. *Annuaire géologique et minéralogique.*

Odessa. *Société des Naturalistes.*

Saint-Petersbourg. *Académie impériale des sciences. — Institut impérial de médecine expérimentale. — Comité géologique. — Jardin impérial de botanique. — Société de chimie. — Mineralogische Gesellschaft. — Université impériale.*

Varsovie. *Travaux mathématiques et physiques.*

Bergen. *Museum.*

Christiania. *Archiv for Mathematik. — Société des sciences. — Université.*

Stockholm. *Académie royale des sciences. — Nordiskt medicinsk Archiv. — Acta mathematica. — Institut royal géologique. — Société entomologique.*

Upsal. *Société royale des sciences. — Université.*

Bâle. *Université.*

Genève. *Archives des sciences physiques et naturelles. — Société de physique. — Journal de chimie physique. — L'Enseignement mathématique.*

Lausanne. *Société vaudoise des sciences naturelles.*

Zurich. *Naturforschende Gesellschaft.*

Alexandrie. *Institut égyptien.*

Belgrade. *Académie royale des sciences.*

Coïmbre. *Jornal mathematicas (Teixeira).*

Le Caire. *Société khédiviale de géographie.* — *Institut égyptien.*

Madrid. *R. Academia de ciencias exactas.*

Manila. *Observatorio meteorológico.*

Monaco. *Musée océanographique.*

Tokyo. *Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens.*
— *Imperial University.*



TABLES ALPHABÉTIQUES

Classe des sciences.

1905

TABLE DES AUTEURS.

A

Académie impériale et royale des sciences de Vienne. Directrice de l'Association internationale des Académies pour la période 1905-1907, 15.

Académie royale des sciences de Turin. Adresse le programme du concours pour le XV^e prix Bressa, 58.

Arctowski (H.). Marche diurne de la vitesse du vent, à Uccle, les jours de pleine et de nouvelle Lune, 455; rapport de M. Alb. Lancaster, 429. — Hommage d'ouvrage, 531.

Arnaïs (Ricard L.). Lettres sur les attractions et les répulsions

qui se manifestent dans les courants électro-magnétiques (dépôt aux archives, après avis de M. De Heen), 157.

Association internationale des Académies. L'Académie impériale et royale de Vienne désignée comme directrice pour la période 1905-1907, 15. — Projet d'établissement d'instituts spéciaux pour l'étude du système nerveux central; rapports de MM. Vanlair, L. Fredericq et Masius, 289, 291.

B

Bayer (Adolphe von). Prix Nobel (félicitations), 606.

Bambeke (Ch. Van). Hommage d'ouvrage, 427. — Rapports : voir *Cerfontaine (P.)*; *Falloise (A.)*; *Selys Longchamps (Marc de)*.

Beaupain (J.). Deuxième mémoire sur la fonction gamma double (à l'examen), 7; lecture des rapports de MM. Ch. de la Vallée Poussin, Mansion et Deruyts, 428; communication de ces rapports à l'auteur, 428.

Belgica (Commission de la). Hommage d'ouvrages, 6, 427.

Beneden (Éd. Van). Rapports : voir *Cerfontaine (P.)*; *Falloise (A.)*; *Hartmann (Max.)*; *Selys Longchamps (Marc de)*.

Berghs (J.). Hommage d'ouvrage, 261.

Berthelot (M.). Hommage d'ouvrage, 606.

Brioschi Francesco (Comité institué en l'honneur de feu). Hommage d'ouvrage, 157.

Briquet (John). Hommage d'ouvrage, 156.

Bruno (Thomas). Sur la nature des canaux qui sillonnent la planète Mars (à l'examen), 98; rapport de M. Terby, 197. — Sur les cratères de la Lune (à l'examen), 261.

C

Camerman (Em.). Prix Ch. Le-maire (VII^e période), pour son livre sur la résistance des mor-

tiers hydrauliques, 668; rapport du jury, 661; proclamé, 744.

Cerfontaine (P.). Mémoire couronné sur le développement de l'Amphioxus. Rapports de MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau, 643, 660; proclamé lauréat, 743.

Cesàro (G.). Sur les cristaux de méthylal isopropylique tétrachloré symétrique, 128. — Contribution à l'étude de quelques minéraux, 130. — Reproduction de la crocoïse et de la mélinose cristallisées par l'action de l'anhydride carbonique de l'air sur les dissolutions alcalines des sels de plomb correspondants, 327. — Formes nouvelles dans la linarite et dans la mélinose, 328. — Nouvelle méthode pour l'établissement des formules de la trigonométrie sphérique, 434. — Les formules de la trigonométrie sphérique déduites de la projection stéréographique du triangle. Emploi de cette projection dans les recherches sur la sphère 560; avis de MM. Le Paige et Neuberg, 429, 535. — Hommage d'ouvrage, 531.

Chauvenet [En collaboration avec W. Oechsner de Coninck]. Sur deux sulfates doubles d'uranyle, 50. — Sur un sulfate double de lithium et d'uranyle, 151. — Sur un sulfate double de magnésium et d'uranyle, 182. —

Sur le sélénium produit par les réducteurs organiques, 604. — Rapports de M. Spring, 18, 100, 158, 536.

Colnet d'Huart (Alex. de). Décès, 286.

Contreras (M. de). Hommage d'ouvrage, 261.

Coret (Aug.). Dépôt aux archives de ses trois notes (lumière blanche, loch et horloge automatique), 156.

Cornu (M^{me} V^e A.). Hommage de toutes les communications imprimées de son mari, 59.

D

Daels (F.-V.). Étude sur la réduction de l'isodrynopinacoline α , 585; rapport de MM. Delacre et Henry, 536, 537.

De Donder (Th.). Hommage d'ouvrages, 99.

De Heen (P.). Discours aux funérailles de F. Folie, 60. — Démonstrations expérimentales des phénomènes thermiques qui se développent dans les substances phosphorescentes; quelques réflexions sur la validité des théories physiques, 22. — Influence du radium sur l'énergie respiratoire de graines en germination (en collaboration avec H. Michiels), 29. — Sur l'eau distillée et les cultures aqueuses (idem), 263. — Action de la solution colloïdale d'étain sur les graines en germination

(idem), 310. — Note relative au mode d'action excitatrice exercée par les courants sur la germination (idem), 318. — Contribution à l'étude de l'influence de l'électrode sur les graines en germination (idem), 394. — Comparaison entre l'aluminium, le zinc et le charbon de cornue, au point de vue de leur action comme électrodes sur la germination (idem), 400. — Note sur l'action des sels d'aluminium sur la germination (idem), 520. — Hommage à la mémoire de G. Dewalque, 518. — La succession des stades de l'évolution des sciences physiques et les théories hybrides modernes (discours), 679. — Rapports : voir *Arnais (R.-L.)*; *Smets (P.)*; *Van den Berghen (J.)*; *Vandeveldt (A.-J.-J.)*; *Wasteels (C.-E.)*.

Delacre (M.). Élu membre titulaire, 277, 286; remercie, 286; approbation royale de son élection, 369. — Dépôt aux archives de sa note en réponse à M. Swarts, 531. — Hommage d'ouvrage, 531. — Note bibliographique : voir *Wack (H.-Wellington)*. — Rapports : voir *Daels (F.-V.)*; *Lebeau (P.)*. — Voir aussi *Swarts (Fr.)*.
de la Vallée Poussin (Ch.-J.). Prix décennal des sciences mathématiques pures (félicitations), 260; remercie, 286; proclamé, 146. — Rapport : voir *Beaupain (J.)*.

Demoor (J.). Hommage d'ouvrage, 7.

Demoulin (Alphonse). Élu correspondant, 677, 747.

De Pauw (L.-F.). Hommage d'ouvrage, 157.

Deruyts (J.). Rapport : voir *Beaupain (J.)*.

Descamps (Baron). Discours au Roi, le 1^{er} janvier 1905, 1.

De Vries (H.). Remercie pour son élection d'associé, 6.

Dewalque (G.). Hommage d'ouvrages, 99, 156, 188. — Note sur sa brochure : « Les météorites dans les collections belges », 99. — Décès (hommage rendu à sa mémoire, par M. De Heen), 518; discours à ses funérailles, par M. C. Malaise, 532. — Rapport : voir *Hinrichs (G.)*.

Dewalque (M^{me} V^e). Fait remercier pour les condoléances qui lui ont été adressées, 606.

De Wildeman (E.). Hommage d'ouvrage, 60.

Dufourny (A.). Rapport : voir *Camerman (Prix Ch. Lemaire)*.

Duhem (P.). Hommages d'ouvrages, 428, 519.

Durand (Th.). Son XXV^e anniversaire au Jardin botanique de l'État (félicitations), 58.

E

Errera (Léo). Note sur le Congrès botanique international de

Vienne, 295; vœu y exprimé de voir créer en Belgique des « réserves nationales », 367, 368. — Décès (Hommage à sa mémoire par M. De Heen), 366. — Lègue une somme de 25,000 fr. pour la fondation d'un prix de biologie générale, 366. — Discours à ses funérailles par le chev. Edm. Marchal, 373.

Errera (M^{me} veuve Léo). Remercie pour le témoignage d'estime et de sympathie à la mémoire de son mari ainsi que pour le discours aux funérailles, 426. — Remise en possession de deux billets cachetés déposés par son mari, 426. — Hommage d'ouvrage de son mari, 427.

Ertborn (Oct. van). Hommage d'ouvrage, 287.

F

Falloise (A.). Sollicite sa désignation pour la table belge du Laboratoire de Naples (Lecture des rapports de MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau), 16. — Sur l'existence de l'alexine hémolytique dans le plasma sanguin, 230; rapport verbal de M. L. Fredericq, 197.

Fargenel (F.). Description d'un nouveau moteur (à l'examen), 60; dépôt aux archives après avis de M. Massau, 288.

Flandre (S. A. R. M^{sr} le Comte de). Décès (Hommage à sa

mémoire et condoléances à la Famille Royale), 530

Flemming (W.). Décès, 426.

Folie (Fr.). Décès, 58; discours à ses funérailles, par P. De Heen, 60.

Forcrand (H. de). Hommage d'ouvrages, avec note par L. Henry (Possibilité et Prévision des réactions chimiques), 7, 8.

Fraipont (J.). Délégué au XIII^e Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhistorique à Monaco, 606.

Francotte (P.). Hommages d'ouvrages, 369, 428.

Fredericq (L.). Présence de la *Planaria alpina* Dana en Belgique, 199. — Chargé avec M. Massart d'écrire pour l'*Annuaire* la notice de L. Errera, 606. — Rapports : voir *Association internationale des Académies*; *Falloise* (A.); *Nolf* (P.); *Philips* (F.); *Plumier* (L. — Prix Gluge).

G

Gaudry (Alb.). Hommage d'ouvrage, 99.

Gevaert (F.-A.). Président de l'Académie pour 1903, 6.

Gilkinet (Alfr.). Rapport : voir *Marchal* (père et fils).

Gravis (A.). Élu membre titulaire, 677, 747. — Rapport : voir *Marchal* (père et fils).

H

Haeckel (Ern.). Hommage d'ouvrage, 287.

Hartmann (Max.). Mémoire couronné sur la reproduction et la sexualité des Dicyémides. Rapports de MM. Aug. Lameere. Pelseneer et Van Beneden, 625, 633, 634; proclamé lauréat, 742.

Hecker (O.). Prix Ch. Lagrange pour son ouvrage : *Bestimmung der Schwerkraft auf dem Atlantischen Ocean*. (Rapport de MM. Le Paige et Lancaster), 669, 677; proclamé lauréat, 745.

Henry (L.). Élu correspondant de l'Académie des sciences de Paris, 260. Sur les alcools secondaires normaux en C₉, 49. — Sur quelques dérivés de l'isopropanol 1.1.1, 101. — Sur quelques composés se rattachant à l'acide caproïque normal, 158. — Observations au sujet des cristaux du méthylal isopropylique tétrachloré symétrique, 241. — Observations au sujet de la condensation du nitro-méthane avec les dérivés alkylés de l'alcool amido-méthylque H₂C.(OH).(NH₂), 244. — Observations sur l'état moléculaire de l'eau, sa constitution chimique et la valeur relative des deux unités d'action chimique de l'atome et de l'oxy-

gène, 377. — Observations au sujet de la fonction « alcool », 537. — Note bibliographique : Voir *Forcrand* (H. de). — Rapports : voir *Daelis* (F.-V.); *Lebeau* (P.).

Hinrichs (G.). La météorite d'Amara, etc. Rapport de M. Dewalque, 76. — Hommage d'ouvrages, 99.

I

Ioteyko (M^{us}). Hommage d'ouvrages, 7.

J

Jorissen (A.). Sur la présence du chrome et du vanadium dans le terrain houiller de Liège, 178. — Délégué à Liège au Congrès de radiologie et d'ionisation, 287. — Délégué à Rome au VI^e Congrès international de chimie, 606.

K

Kaisin. Sur les cristaux de méthylal isopropylique tétrachloré symétrique, 262, 276.

Kerremans (Ch.). Hommage d'ouvrage, 157.

Koch (Robert). Élu associé, 677, 747.

Koelliker (Alb. von). Décès, 518.

L

Lagasse de Loch (Ch.). Rapport : voir *Camerman* (Prix Lemaire).

Lagrange (Ch.). Membre de la Commission des finances, 604.

Lambin (A.-H.). Rapport : voir *Camerman* (Prix Ch. Lemaire).

Lameere (Aug.). Hommage d'ouvrage, 428. — Rapport : voir *Hartmann* (Max.).

Lancaster (Alb.). Hommage d'ouvrage, 261, 519. — Lecture de son rapport sur les résolutions de la quatrième conférence de la Commission internationale pour l'aérostation scientifique, 428. — Réélu membre de la Commission des finances, 604. — Rapports : voir *Arctowski* (H.). *Hecker* (O.).

Lebeau (P.). Mémoire couronné sur les combinaisons formées par les corps halogènes entre eux. Rapports de MM. Henry, Spring et Delacre, 607, 624. — Proclamé lauréat, 742.

Le Bon (G.). Élu associé, 677, 747.

Lecoq (G.). Hommage d'ouvrages, 157, 531.

Legros. Demande à bénéficier de la table belge du laboratoire de Naples, 530.

Lenard (P.). Prix Nobel (félicitations), 606.

Le Paige (C.). Rapports : voir *Cesàro* (G.); *Hecker* (O.); *Wattier* (E.).

Liagre (Ch.). Hommage d'ouvrage, 7.

Lohest (Max.). Écrira pour l'*Annuaire* la biographie de G. Dewalque, 530.

M

Malaise (C.). Discours prononcé à l'inauguration, à Gembloux, du médaillon de feu Émile Laurent, 189. — Discours aux funérailles de G. Dewalque, 532.

Molengreau (Fernand). Prix Stas, 744.

Mansion (P.). Membre honoraire de la Société physico-mathématique de Kazan, 6. — Élu membre de la Commission de la *Biographie nationale*, 604. — Rapport : voir *Beaupain (J.)*.

Marchal (Chevalier Edm.). Présente l'*Annuaire* de l'Académie pour 1905, 59. — Motion en faveur de l'exécution du buste Gloesener et rappel des demandes des bustes Stas et P. Van Beneden, 368. — Discours aux funérailles de Leo Errera, 373.

Marchal (Élie et Émile), père et fils. Mémoire couronné sur la sexualité des spores dans les mousses dioïques. Rapports de MM. Gilkinet, Gravis et Massart, 638, 641; proclamés lauréats, 743.

Marchal (Ém.). Hommage d'ouvrage, 287.

Masius (J.-B.-V.). Élu directeur pour 1906, 52, 98. — Nommé président de l'Académie pour 1906, 605. — Rapports : voir *Association internationale des Académies*; *Nolf (P.)*; *Philips (F.)*; *Plumier (L.)*. — Prix Gluge.

Massart (J.). Chargé avec M. L. Fredericq d'écrire pour l'*Annuaire* la biographie de L. Errera, 606. — Rapport : voir *Marchal* (père et fils).

Massau (J.). Rapports : voir *Carmann (Ém.)*. — Prix Ch. Lemaire; *Fargenel (F.)*.

Metchnikoff (Élie). Élu associé, 277; remercie, 286.

Meunier (F.). Hommage d'ouvrage, 261.

Micheels (H.). Hommage d'ouvrage, 7. — Influence du radium sur l'énergie respiratoire de graines en germination (en collaboration avec P. De Heen), 29. — Sur l'eau distillée et les cultures aqueuses (*idem*), 263. — Action de la solution colloïdale d'étain sur des graines en germination (*idem*), 310. — Note relative au mode d'action excitatrice exercée par les courants sur la germination (*idem*), 318. — Contribution à l'étude de l'influence de l'électrode sur les graines en germination (*idem*), 394. — Comparaison entre l'aluminium, le zinc et le charbon de cornue, au point de vue de leur action comme électrodes

sur la germination (idem), 400.

— Note sur l'action des sels d'aluminium sur la germination (id.), 520.

Ministre de l'Industrie et du Travail. Envoi d'ouvrage, 188.

Ministre de l'Instruction publique d'Italie. Hommage d'ouvrage, 157.

Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique. Envois d'ouvrages, 59, 98. — Demande l'avis de l'Académie sur les résolutions de la Commission internationale pour l'aérostation scientifique, 260; lecture du rapport de M. Alb. Lancaster, 428.

Moissan (H.). Hommages d'ouvrages, 188, 428.

Mourlon (M.). Commandeur avec plaque de l'Ordre de François-Joseph d'Autriche, 6. — Réélu membre de la Commission des finances, 604. — Hommage d'ouvrages, 188, 427.

N

Neuberg (J.). Rapports : voir *Cesàro (G.).*

Nolf (P.). Des modifications de la coagulation du sang chez le chien après extirpation du foie, 81; rapport de MM. L. Fredericq et Masius, 79, 80. — Demande à bénéficiaire de la table belge du Laboratoire de Naples à l'examen, 530.

O

Oechsner de Coninck (W.). Nouvelles observations sur le chlorure de cobalt, 51. — Sur deux sulfates doubles d'uranyle, 50. — Sur un sulfate double de césium et d'uranyle, 94. — Quelques données sur l'acide sélénique, 150. — Sur un sulfate double de lithium et d'uranyle, 151. — Sur un sulfate double de magnésium et d'uranyle, 182. — Quelques observations sur les acides crotonique et isocrotonique, 254, 274. — Solubilité de quelques sels dans le glycol, 275, 359. — Action de la lumière sur la solution de sulfate uranique dans le glycol, 360. — Contribution à l'étude de l'acide pyruvique, 524. — Sur le sélénium produit par les réducteurs organiques, 601. Rapports de M. Spring, 18, 80, 100, 158, 198, 262, 288, 519, 536.

P

Pelseneer (P.). Hommage d'ouvrage, 428. — L'origine des animaux d'eau douce, 699. — Rapport : voir *Hartmann (Max.).* *Philippson (M.).* Hommage d'ouvrage, 287.

Philips (F.). Les tractions rythmées de la langue (procédé Laborde) dans l'asphyxie chez

le chien, 35; rapport de MM. Fredericq et Masius, 17, 18.

Plateau (F.). Sur l'emploi d'une glace étamée dans l'étude des rapports entre les insectes et les fleurs, 403. — Rapports : voir *Cerfontaine (P.)*; *Falloise (A.)*; *Plumier (L.)* — Prix Gluge; *Selys Longchamps (Marc de)*. *Plumier (Léon)*. Prix Théophile Gluge (2^e période), 196, 262; rapports de MM. Masius, Plateau et L. Fredericq, 192; proclamé lauréat, 745.

Prinz (W.). Hommage d'ouvrage, 157.

Q

Quanjel (J.). Note sur les équations canoniques d'Hamilton et l'équation de Jacobi (à l'examen), 287.

S

Sanchez (Pedro Gomez). Hommage d'ouvrage, 157.

Schaeffers (V.). Hommage d'ouvrage, 99.

Schweydar (Wilhelm). Remerciements votés pour son ouvrage soumis au prix Ch. Lagrange (Untersuchung der Oscillationen der Lotlinie), 746.

Segre (C.). Hommage d'ouvrage, 7.

Selys Longchamps (Marc de).

Sollicite sa désignation pour la table belge du laboratoire de Naples (lecture des rapports de MM. Van Beneden, Van Bamberke et Plateau), 16; renouvelle sa demande (à l'examen), 530.

Smedts (A.). Recherches sur la polarisation produite par le passage du courant électrique dans la flamme, 333; rapports de MM. De Heen et Spring, 294.

Société de physique et d'histoire naturelle de Genève. Offre en concours une prime de 500 fr. pour une monographie d'une famille de plantes, 59.

Spring (W.). Membre honoraire de la Société chimique de Berlin, 6. — Réélu membre de la Commission des finances, 604. — Sur la limite de visibilité de la fluorescence et sur la limite supérieure du poids absolu des atomes, 201. — Sur l'origine des nuances vertes des eaux de la nature et sur l'incompatibilité des composés calciques, ferriques et humiques dans leur milieu, 300. — Rapports : voir *Chauvenet*; *Lebeau (P.)*; *Oechsner de Coninck (W.)*; *Smedts (A.)*; *Vandevelde (A.-J.-J.)*; *Wasteels (C.-E.)*.

Struve (Otto-Wilhelm). Décès, 260.

Swarts (Fréd.). Hommage d'ouvrage, 264. — Quelques mots au sujet des observations de M. Delacre relatives à mon

rapport sur son mémoire : « Recherches sur la notion de l'individualité chimique », 272. — Sur l'acide difluoracétique (à l'examen), 607. — Voir *Delacre (M.)*.

T

Terby (F.). Rapport : voir *Bruno (Th.)*.

Terby (M^{lles} J. et M.). Sur l'aurore boréale du 15 novembre 1905 et sur les étoiles filantes de la période du même mois, 584.

Thomsen (J.). Hommage d'ouvrage, 99.

Tiliy (J. De). Délégué auprès de la Commission administrative, 255.

U

Union zoologique italienne. Cinquième assemblée à Porto-Feraio, 157.

V

Van den Berghen (J.). Note relative au renversement des images sur la rétine (à l'examen), 369; dépôt aux archives après avis de M. De Heen, 429.

Van der Mensbrugghe (G.). Hommage d'ouvrage avec note (Ueber Ausbreitung und Exten-

sionkraft), 6, 13. — Contribution à la théorie des ménisques capillaires, 121, 555. — Sur quelques effets remarquables d'une augmentation brusque de vitesse d'une masse liquide, 432. — Délégué à Liège au Congrès de radiologie et d'ionisation, 287. — Réélu membre de la Commission des finances, 604. — Nommé Vice-Président de la Commission de la *Biographie nationale*, 604. — Rapport : voir *Camerman (Em.)*. — Prix Lemaire).

Vander Stricht (O.). Hommages d'ouvrages, 99, 519.

Van de Sande-Bakhuysen (H. G.). — Élu associé, 677, 747.

Vandeuren (P.). Hommage d'ouvrage, 519.

Vandeveldt (A.-J.-J.). Recherches sur la substitution métallique (3^e communication, en collaboration avec C.-E. Wassteels), 461; rapport de MM. Spring et De Heen, 430, 431.

Vanlair (C.). Hommage d'ouvrage, 519. — Rapport : voir *Association internationale des Académies*.

W

Wack (H.-Wellington). Hommage d'ouvrage avec note par M. Delacre (The Story of the Congo Free State), 188, 191.

Wasteels (C.-E.). Recherches sur la substitution métallique (3^e communication, en collaboration avec A.-J.-J. Vandeveldel), 461; rapport de MM. Spring et De Heen, 430. 431.

Wattier (E.). Mémoire sur la constitution du Soleil (à l'exa-

men), 157. — Dépôt aux archives sur la proposition de M. Le Paige, 262.

Z

Zunz (Edgar). Hommage d'ouvrages, 606.

TABLE DES MATIÈRES.

A

Acides. Quelques données sur l'acide sélénique; par W. Oechsner de Coninck, 150. — Observations sur les acides crotonique et isocrotonique; par le même, 254, 274. — Contribution à l'étude de l'acide pyruvique; par le même, 524; rapports de M. W. Spring, 100, 198, 262, 519. — Sur quelques composés se rattachant à l'acide caproïque normal; par L. Henry, 158. — Sur l'acide difluorchloracétique; par Fréd. Swarts (à l'examen), 607.

Aérostation scientifique (M. le Ministre demande avis sur les résolutions de la quatrième conférence de la Commission internationale pour l'). Lecture du rapport de M. Lancaster, 428.

Alcool. Sur les alcools secondaires normaux en C₉; par L. Henry, 19. — Observations au sujet de la fonction « alcool »; par le même, 537. — Voir *Chimie*.

Alexine. Sur l'existence de l'alexine hémolytique dans le plas-

ma sanguin; par le Dr A. Falloise, 230; rapport verbal de M. L. Fredericq, 197.

Aluminium. Voir *Botanique*.

Amphioxus (Développement de l'). Voir *Concours annuel de 1905*.

An (Nouvel). Discours prononcé au Palais le 4^{er} janvier 1905; par le baron Descamps, 1.

Animaux d'eau douce (L'origine des); par P. Pelseneer, 699.

Annuaire. M. le Secrétaire perpétuel présente l'*Annuaire* pour 1905, 59. — Voir *Notices biographiques pour l'Annuaire*.

Asphyxie. Les tractions rythmées de la langue (procédé Laborde) dans l'asphyxie chez le chien; par F. Philips, 35; rapport de MM. Fredericq et Masius, 17, 18.

Astronomie. Voir *Étoiles filantes; Mars; Météorites; Prix Mailly; Soleil*.

Atomes. Sur la limite de visibilité de la fluorescence et sur la limite supérieure du poids absolu des atomes; par W. Spring, 201. — Voir *Eau*.

Aurore. Sur l'aurore boréale du 15 novembre 1905; par M^{lles} J. et M. Terby, 584.

B

Billets cachetés. M^{me} Veuve Errera est remise en possession de deux billets cachetés déposés par feu son mari, 426.

Biographie. Lettre au Roi et à la Famille Royale au sujet de la mort de S. A. R. M^r le comte de Flandre, 530. — Hommage rendu à la mémoire de Léo Errera, 366; de Gustave Dewalque, 518. — Voir *Commission de la Biographie nationale; Laurent (Émile)*.

Biologie. Prix fondé par Léo Errera, 366. — Voir *Annaux; Concours annuel de 1905; Station zoologique de Naples*.

Botanique. Note sur le Congrès botanique de Vienne; par Léo Errera, 295; communication au Gouvernement du vœu, exprimé dans cette note, de voir créer en Belgique des « réserves nationales », 367. — Notes par H. Micheels et P. De Heen : 1^o Influence du radium sur l'énergie respiratoire de graines en germination, 29; 2^o Sur l'eau distillée et les cultures aqueuses, 263; 3^o Action de la solution colloïdale d'étain sur des graines en germination, 310; 4^o Note relative au mode d'action excitatrice exercée par les courants sur la germination, 318; 5^o Contribution à l'étude de l'influence de l'électrode sur les graines en germination,

394; 6^o Comparaison entre l'aluminium, le zinc et le charbon de cornue au point de vue de leur action, comme électrodes sur la germination, 400; 7^o Note sur l'action des sels d'aluminium sur la germination, 520. — Voir *Congrès; Prix de Candolle*.

Bustes des académiciens décédés.

Motion de M. Marchal en faveur de l'exécution du buste de Michel Gloesener et renouvelant la demande des bustes P.-J. Van Beneden et J.-S. Stas, 368.

C

Capillarité. Voir *Ménisques*.

Césium. Voir *Sulfate*.

Charbon de cornue. Voir *Botanique*.

Chimie. Observations au sujet de la condensation du nitro-méthane avec les dérivés alkylés de l'alcool amido-méthylque $H_2C.(OH).(NH_2)$; par L. Henry, 214. — Quelques mots au sujet des observations de M. Delacre relatives à mon rapport sur son mémoire : « Recherches sur la notion de l'individualité chimique »; par Fr. Swarts, 272; dépôt aux archives de la réponse faite par M. Delacre, 531. Voir *Acides; Alcool; Atome; Chlorures; Concours annuel de 1905; Cristallographie; Dérivés; Eau; Fluorescence; Géologie; Isodypnopinacoline;*

Prix Louis Melsens; Réactions; Solubilité; Sulfates.

Chlorure. Nouvelles observations sur le chlorure de cobalt; par W. Oechsner de Coninck, 51; rapport de M. W. Spring, 18.

Chrome. Voir *Géologie*.

Coagulation. Voir *Sang*.

Cobalt. Voir *Chlorure*.

Combinaisons des corps halogènes. Voir *Concours annuel de 1905*.

Commission administrative. M. De Tilly réélu délégué pour 1905-1906, 255.

Commission de la Biographie nationale. MM. Van der Mensbrugghe élu vice-président et P. Mansion membre, 604.

Commission spéciale des finances. Membres pour 1906, 604.

Complexes de droites du 3^e ordre. Voir *Concours annuel de 1905*.

Composés calciques, ferriques et humiques. Voir *Acides: Eau*.

Concours annuels:

1905. Programme, 64. — Mémoires reçus et désignation des commissaires, 370. — Mémoire couronné de P. Lebeau sur les combinaisons formées par les corps halogènes entre eux. Rapports de MM. Henry, Spring et Delacre, 607, 624. — Mémoire sur les complexes de droites du 3^e ordre. (Les rapports ne sont pas encore terminés), 625. — Mémoire couronné de M. Max Hartmann sur la reproduction et la sexua-

lité des Dicyémides. Rapports de MM. Lameere, Pelseeneer et Van Beneden, 625, 633, 634. — Mémoire couronné de MM. Marchal (père et fils) sur la sexualité des spores dans les mousses dioïques. Rapports de MM. Gilkinet, Gravis et Massart, 638, 641. — Mémoire couronné sur le développement de l'Amphioxus, par P. Cerfontaine. Rapports de MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau, 643, 660. — Proclamation des résultats du concours, 741.

1906. Programme, 68.

Congo. Histoire de l'État Indépendant du Congo (H.-W. Wack); note par M. Delacre, 191.

Congrès à l'occasion de l'Exposition de Marseille en 1906, 427.

Congrès international de botanique (II^e session, à Vienne). Hommage d'ouvrage destiné à servir de base aux débats, 156. — Note par M. Léo Errera, 295.

Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhistorique. XIII^e réunion à Monaco (M. J. Fraipont délégué), 606.

Congrès international de chimie. VI^e réunion à Rome (M. Jorissen délégué), 426, 606.

Congrès géologique international (X^e session). Réunion à Mexico, 286.

Congrès international d'hydrologie, de climatologie, de géo-

logie et de thérapie. VII^e session à Rome, 427.

Congrès international ornithologique. V^e réunion à Londres, 98.

Congrès international de psychologie. V^e réunion à Rome, 156.

Congrès international pour l'étude de la radiologie et de l'ionisation, à Liège. MM. Van der Mensbrugghe et Jorissen délégués, 287.

Couleur des eaux. Voir *Eaux*.

Cristallographie. Sur les cristaux de méthylal isopropylique tétrachloré symétrique; par G. Cesàro, 128. — Contribution à l'étude de quelques minéraux; par le même, 130. — Reproduction de la crocoïse et de la mélinose cristallisées par l'action de l'anhydride carbonique de l'air sur les dissolutions alcalines des sels de plomb correspondants; par le même, 327. — Formes nouvelles dans la linarite et dans la mélinose; par le même, 328. — Observations au sujet des cristaux du méthylal isopropylique tétrachloré symétrique; par L. Henry, 211. — Idem par M. Kaisin à la demande de M. Henry, 262, 276. — Voir *Minéralogie*; *Trigonométrie sphérique*.

Crocoïse. Voir *Cristallographie*.

D

Dérivés (Sur quelques) de l'isopropanol trichloré 1.1.1.; par L. Henry, 101.

Dicyémides (Reproduction et sexualité des). Voir *Concours annuel de 1905*.

Dons. Ouvrages imprimés: par MM. Arctowski (H.), 531; Bambeke (Ch. Van), 427; *Belgica* (Commission de la), 6, 427; Berghs (J.), 261; Berthelot (M.), 606; Brioschi (Comité institué en l'honneur de), 157; Briquet (J.), 156; Cesàro (G.), 531; Contreras (M. de), 261; Cornu (M^{me} veuve A.), 59; De Donder (Th.), 99; Delacre (M.), 531; Demoor (J.), 7; De Pauw (L.-F.), 157; Dewalque (G.), 98, 156, 188; De Wildeman (E.), 60; Duhem (P.), 428, 519; Errera (L.), 427; Ertborn (O. van), 287; Forcrand (H. de), 7; Francotte (P.), 369, 428; Gaudry (A.), 99; Haeckel (Ern.), 287; Hinrichs (G.), 99; Ioteyko (M^{me}), 7; Kerremans (Ch.), 157; Lameere (Aug.), 428; Lancaster (Alb.), 261, 519; Lecoïnte (G.), 157, 531; Liagre (Ch.), 7; Marchal (Em.), 287; Meunier (F.), 261; Micheels (H.), 7; Ministre de l'Industrie et du Travail, 188; Ministre de l'Instruction publique d'Italie, 157; Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique, 59, 98; Moissan (H.), 188, 428; Mourlon (M.), 188, 427; Pelseneer (P.), 428; Philippson (M.), 287; Prinz (W.), 157; Sanchez (Pedro-Gomez), 157; Schaeffers (V.), 99; Segre (C.), 7; Swarts (Fr.), 261; Thom-

sen (J.), 99; Van der Mensbrughe (G.), 6; Vander Stricht (O.), 99, 519; Vandeuren (P.), 519; Vanlair (C.), 519; Wack (H.-Wellington), 188; Zunz (Edgar), 606.

E

Eau. Observations sur l'état moléculaire de l'eau, sa constitution chimique et la valeur relative des deux unités d'action chimique de l'atome et de l'oxygène; par L. Henry, 377.

Eau distillée. Voir *Botanique*.

Eaux. Sur l'origine des nuances vertes des eaux de la nature et sur l'incompatibilité des composés calciques, ferriques et humiques dans leur milieu; par W. Spring, 300.

Élasticité. Voir *Liquides; Ménisques*.

Élections et nominations :

1904. M. Hugó de Vries remercie pour son élection d'associé, 6.

1905. M. Gevaert élu président de l'Académie, 6.

M. Spring élu membre honoraire de la Société chimique de Berlin (félicitations), 6. — M. Mansion élu membre honoraire de la Société physico-mathématique de Kazan (félicitations), 6. — M. L. Henry élu correspondant de l'Académie des sciences de l'Institut, 260. — Voir *Commissions*.

1905 (juin). M. M. Delacre

élu membre titulaire, 277; approbation royale de son élection, 369. — M. Élie Metchnikoff élu associé, 277; remerciements, 286.

1905 (décembre). M. A. Gravis élu membre titulaire; M. Alph. Demoulin élu Correspondant; MM. Van de Sande-Bakhuysen, Gustave Le Bon et R. Koch élus associés, 677, 747.

1906. M. Masius élu directeur, 52; élu président, 605.

Électricité. Lettres sur les attractions et les répulsions qui se manifestent entre les courants électromagnétiques; par R.-L. Arnais (déposées aux archives), 157. — Voir *Botanique; Polarisation*.

Embryologie. Voir *Concours annuel de 1905*.

Entomologie. Note sur l'emploi d'une glace étamée dans l'étude des rapports entre les insectes et les fleurs; par F. Plateau, 403. — Voir *Congrès*.

Équations canoniques d'Hamilton et l'équation de Jacobi; par J. Quanjel (à l'examen), 287.

Étain (Solution colloïdale d'). Voir *Botanique*.

Étoiles filantes (Sur les) du mois de novembre 1905; par M^{lles} J. et H. Terby, 584.

Exposition coloniale de Marseille en 1906. Comprendra un groupe consacré à l'océanographie. Un congrès se tiendra à cette occasion, 427.

F

Flamme. Voir *Polarisation*.

Fleurs. Voir *Entomologie*.

Fluorescence (Sur la limite de visibilité de la) et sur la limite supérieure du poids absolu des atomes; par W. Spring, 201.

Foie (Extirpation du). Voir *Sang*.

Fonctions. Sur la fonction gamma double (2^e mémoire); par J. Beaupain (à l'examen), 7. — Lecture des rapports de MM. Ch. de la Vallée Poussin, Mansion et Deruyts (communication de ces rapports à l'auteur, 428.

Funérailles. Discours prononcés aux funérailles: de F. Folie; par P. De Heen, 60; de Léo Errera; par le chev. Edm. Marchal, 373; de G. Dewalque; par C. Malaise, 532.

G

Géologie. Sur la présence du chrome et du vanadium dans le terrain houiller de Liège; par A. Jorissen, 178.

Germination. Voir *Botanique*.

Glycol. Voir *Solubilité*.

H

Horloge automatique; par A. Coret (note déposée aux archives), 156.

I

Isodynopinacoline a (Étude sur la réduction de l'); par M. Daels, 585; rapport de MM. Delacre et Henry, 535, 536.

Isopropanol. Voir *Dérivés*.

J

Jubilé. Vingt-cinquième anniversaire d'entrée en fonction de M. Théodore Durand au Jardin botanique de l'État, à Bruxelles, 58.

L

Laurent (Émile). Inauguration de son médaillon à Gembloux, 149; discours prononcé au nom de l'Académie; par C. Malaise, 190.

Linarite. Voir *Cristallographie*.

Liquide. Sur quelques effets remarquables d'une augmentation brusque de vitesse d'une masse liquide; par G. Van der Mensbrugghe, 432. — Ueber Ausbreitung und Extensionskraft (G. Van der Mensbrugghe); note par l'auteur, 13.

Lithium. Voir *Sulfates*.

Loch pour navires et pour ballons; par A. Coret (dépôt aux archives), 156.

Lumière blanche. Dépôt aux archives d'une communication de M. A. Coret, 156.

Lune. Sur les cratères de la Lune; par Th. Bruno (à l'examen), 261. — Voir *Vent*.

M

Mars (Nature des canaux qui sillonnent la planète); par Th. Bruno (à l'examen), 98; rapport de M. Terby, 197.

Mathématiques. Voir *Concours annuel de 1905*; *Équations*; *Fonctions*; *Prix décennal des mathématiques pures*.

Mécanique. Nouveau moteur; par F. Fargenel (à l'examen), 60; dépôt aux archives après avis de M. Massau, 228.

Médaille. Voir *Laurent (Émile)*.

Mélinose. Voir *Cristallographie*.

Ménisques capillaires (Contribution à la théorie des); par G. Van der Mensbrugghe, 121; 555.

Météorite. La météorite d'Amana et la nouvelle communication de M. le professeur Hinrichs. Rapport de M. G. Dewalque, 76. — Les météorites dans les collections belges (G. Dewalque); note par l'auteur, 99.

Météorologie. Voir *Aurore*; *Étoiles filantes*; *Météorite*; *Vent*.

Méthylal. Voir *Cristallographie*.

Minéralogie. Voir *Cristallographie*; *Géologie*.

Mousses dioïques (Sexualité des spores dans les). Voir *Concours annuel de 1905*.

N

Nécrologie. Décès de Colnet d'Huart (Alexandre de), 236; Dewalque (Gustave), 518; Errera (Léo), 366; Flandre (S. A. R. M^{te} le comte de), 530; Flemming (W.), 426; Folie (Fr.), 58; Koelliker (Alb. von), 518; Struve (Otto Wilhelm), 260.

Neurologie. Projet d'établissement d'Instituts spéciaux pour l'étude du système nerveux central (Résolution de l'Association internationale des Académies). Rapport de MM. Vanlair, Fredericq et Masius, 289, 293.

Nitro-méthane. Voir *Chimie*.

Notices biographiques pour l'Annuaire. M. Lohest est chargé d'écrire pour l'*Annuaire* la biographie de G. Dewalque, 530. — MM. L. Fredericq et Massart écriront celle de Léo Errera, 606.

O

Optique. Note relative au renversement des images sur la rétine; par J. Van den Berghen (à l'examen), 369; dépôt aux archives après avis de M. De Heen, 429.

Ordre de François-Joseph d'Autriche. M. Mourlon nommé commandeur avec plaque, 6.

Ouvrages présentés. Janvier, 53; février, 95; mars, 152; avril, 183; mai, 235; juin, 278; juillet,

let, 361; août, 423; octobre, 513; novembre, 526; décembre, 749.

Oxygène. Voir *Eau*.

P

Pendule oscillant; par A. Coret (dépôt aux archives), 156.

Phosphorescence. Voir *Physique*.

Physiologie. Voir *Alexine*;

Asphyxie; *Prix Théophile Gluge*; *Respiration*; *Sang*.

Physique. Démonstrations expérimentales des phénomènes thermiques qui se développent dans les substances phosphorescentes; quelques réflexions sur la validité des théories physiques; par P. De Heen, 22. — La succession des stades de l'évolution des sciences physiques et les théories hybrides modernes; discours par P. De Heen, 679. — Voir *Liquides*; *Ménisques*; *Polarisation*; *Prix Louis Melsens*.

Physique au Globe. Voir *Prix Ch. Lagrange*.

Planaria alpina Dana en Belgique (Sur la présence de la); par L. Fredericq, 199.

Plasma sanguin. Voir *Alexine*.

Polarisation. Recherches sur la polarisation produite par le passage du courant électrique dans la flamme; par A. Smedts, 333; rapport de M. P. De Heen, 294.

Prix Bressa (Livre le plus utile

dans toutes les sciences). Programme du XV^e concours, 58.

Prix de Candolle (Botanique). Programme, 59.

Prix Théophile Gluge (Physiologie). 1903-1904 (2^e période). Liste des travaux reçus et désignation des commissaires, 16; rapports de MM. Masius, Plateau et L. Fredericq, 196; M. Léon Plumier lauréat, 262; proclamé, 745.

Prix Charles Lagrange (Physique du Globe). 1901-1904 (1^{re} période). Ouvrages reçus et désignation des commissaires, 15; rapport de MM. Le Paige et Lancaster, 669, 677; M. O. Hecker, lauréat, 745; remerciements votés à M. Schweydar, qui a pris part au concours, 746.

Prix Charles Lemaire (Travaux publics). 1903-1905 (7^e période). Ouvrages reçus et désignation du jury, 288, 370; rapport du jury, 661; M. Em. Camerman lauréat, 668, 744.

Prix Mailly (Astronomie). 1904-1907 (4^e période). Règlement, 71.

Prix Louis Melsens (Chimie ou physique appliquée). 1904-1907 (2^e période). Règlement, 73, 74.

Prix Nobel. MM. von Bayer et Lenard lauréats (félicitations), 606.

Prix Jean-Servais Stas. Œuvres offertes à M. Fernand Malengreau, 744.

Prix décennal des sciences mathématiques pures. 1894-1903 (1^{re} période). M. Ch.-J. de la Vallée Poussin lauréat, 260; remercie pour les félicitations qui lui ont été adressées, 286; proclamé, 746.

R

Radium (Influence du). Voir *Botanique*.

Réactions. Sur la possibilité des réactions chimiques. Sur la prévision des réactions chimiques (Hypp. de Forcrand); note par L. Henry, 8.

Respiration. Voir *Botanique*.

Réunion à Porto-Ferraio, de l'Union zoologique italienne (cinquième assemblée), 157.

S

Sang (Coagulation du) chez le chien après extirpation du foie; par P. Nolf, 84; rapport de MM. L. Fredericq et Masius, 79, 80. — Voir *Plasma*.

Sélénium (Sur le) produit par les réducteurs organiques; par W. Oechsner de Coninck et Chauvenet, 604; rapport de M. Spring, 536.

Sels. Voir *Solubilité*.

Soleil (Mémoire sur la constitution du); par E. Wattier (à l'examen), 157; déposé aux archives sur la proposition de M. Le Paige, 262.

Solubilité de quelques sels dans le glycol; par W. Oechsner de Coninck, 275, 359; rapport de M. Spring, 262, 275. — Voir *Sulfate*

Station zoologique de Naples.

Requêtes par lesquelles MM. Falloise et Marc de Selys Longchamps demandent à bénéficier de la table réservée à la Belgique (lecture des rapports de MM. Van Beneden, Van Bamberke et Plateau), 16. — Nouvelle demande de M. de Selys Longchamps et requêtes de MM. Nolf et Legros (à l'examen), 530.

Substitution métallique (3^e communication); par A.-J.-J. Vandeveldel et C.-E. Wasteels, 461; rapport de MM. Spring et De Heen, 430, 431.

Sulfates. Sur deux sulfates doubles d'uranyle; par MM. Oechsner de Coninck et Chauvenet, 50; rapport de M. Spring, 18. — Sur un sulfate double de césium et d'uranyle; par W. Oechsner de Coninck, 94; rapport de M. Spring, 80. — Sur un sulfate double de lithium et d'uranyle; par W. Oechsner de Coninck et Chauvenet, 154; rapport de M. Spring, 100. — Sur un sulfate double de magnésium et d'uranyle; par les mêmes, 182; avis de M. Spring, 158. — Action de la lumière sur la solution de sulfate uranique dans le glycol; par W.

Oechsner de Coninck, 360 ;
rapport de M Spring, 288.

T

Tension superficielle. Voir *Liquides*.

Tractions de la langue. Voir *Asphyxie*.

Trigonométrie sphérique. Nouvelle méthode pour l'établissement des formules de la trigonométrie sphérique; par G. Cesàro, 434. — Les formules de la trigonométrie sphérique déduites de la projection stéréographique du triangle: emploi de cette projection dans les recherches sur la sphère; par

le même, 560; avis de MM. Le Paige et Neuberg, 429, 535.

U

Uranyle. Voir *Sulfates*.

V

Vanadium. Voir *Géologie*.

Vent. Marche diurne de la vitesse du vent, à Uccle, les jours de pleine et de nouvelle Lune: par H. Arctowski, 455; rapport de M. Lancaster, 429.

Z

Zinc. Voir *Botanique*.

Zoologie. Voir *Animaux*; *Planaria alpina*.

TABLE DES PLANCHES ET DES FIGURES.

ARCTOWSKI (H.). Marche diurne de la vitesse du vent, à Uccle, les jours de pleine et de nouvelle Lune (2 planches), 460.

CESARO (G.). Contribution à l'étude de quelques minéraux (3 figures), 130, 133, 135.

Formes nouvelles dans la linarite et dans la mélinose (2 figures), 328, 329.

Nouvelle méthode pour l'éta-

blissement des formules de la trigonométrie sphérique (6 figures), 435-439, 449, 450.

Les formules de la trigonométrie sphérique déduites de la projection stéréographique du triangle. Emploi de cette projection dans les recherches sur la sphère (11 fig.), 561-565, 568-580.

DE HERM (P.). Démonstrations

- expérimentales des phénomènes thermiques qui se développent dans les substances phosphorescentes ; quelques réflexions sur la validité des théories physiques (3 figures), 22, 27, 28.
- MICHEELS (H.) et DE HEEN (P.). Influence du radium sur l'énergie respiratoire de graines en germination (1 figure), 30.
- Action de la solution colloïdale d'étain sur les graines en germination :
- Pois en germination (1 planche), 310.
- Note relative au mode d'action excitatrice exercée par les courants sur la germination :
- Germination de froment (2 planches), 324.
- Germination de pois (1 planche), 324.
- Influence de l'électrode sur les graines en germination (2 planches), 398.
- Comparaison entre l'aluminium, le zinc et le charbon de cornue au point de vue de leur action, comme électrodes, sur la germination (1 planche), 400.
- PELSENEER (P.). L'origine des animaux d'eau douce (1 carte), 740.
- PHILIPPS (F.). Les tractions rythmées de la langue (procédé Laborde) dans l'asphyxie chez le chien (7 figures), 36-46.
- PLATEAU (F.). Sur l'emploi d'une glace étamée dans l'étude des rapports entre les insectes et les fleurs (1 planche), 407.
- SMEDTS (ARTHUR). Recherches sur la polarisation produite par le passage du courant électrique dans la flamme (8 figures), 336, 342, 346, 351, 353-356.
- VAN DER MENSBRUGGHE (G.). Contribution à la théorie des ménisques capillaires (3 et 2 figures), 122, 125, 126, 556 et 557.

ERRATA.

Page 61, ligne 3, en remontant, *au lieu de* : Schünfeld, *lisez* : Schönfeld.

— ligne 5, en remontant, *au lieu de* : Rome, *lisez* : Bonn.

Page 369, ligne 7, en remontant, *au lieu de* : sciences naturelles, *lisez* : sciences mathématiques et physiques.
